

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

**MATEMATİK EĞİTİMİ ALANINDA MATEMATİKSEL MODELLEME İLE
İLGİLİ TAMAMLANMIŞ LİSANSÜSTÜ TEZLERİN TEMATİK VE
YÖNTEMSEL EĞİLİMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Semra ERTEKİN
(233114001)**

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cahit PESEN

**Ocak- 2025
SİİRT**

TEZ KABUL VE ONAYI

Semra Ertekin tarafından hazırlanan “Matematik Eğitimi Alanında Matematiksel Modelleme ile İlgili Tamamlanmış Lisansüstü Tezlerin Tematik ve Yöntemsel Eğilimlerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 16/01/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Bünyamin AYDIN

Danışman

Prof. Dr. Cahit PESEN

Üye

Doç. Dr. Halil Coşkun ÇELİK

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Harun BEKTAŞ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve bu araştırmamın her safhasında benden desteğini, değerli vaktini, tecrübelerini, görüşlerini, güler yüzünü esirgemeyen kıymetli danışmanım Sayın Prof. Dr. Cahit PESEN'e yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Sadece eğitim sürecimde değil, hayatımın her anında maddi-manevi desteklerini, sevgilerini, ilgilerini ve dualarını üzerimden eksik etmeyen canım babam Abdulkerim Ertekin ile güzel kalpli sevgili annem Cemile Ertekin'e, motivasyon kaynağım canım abim Ömer Ertekin'e çok teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca çalışmama katkıda bulunan tüm değerli hocalarıma, meslektaşlarıma, arkadaşlarıma saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Semra ERTEKİN
SİİRT-2025



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖN SÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu.....	1
1.2. Amaç ve Önem	2
1.3. Problem Cümlesi.....	5
1.4. Alt Problemler.....	5
1.5. Sınırlılıklar.....	6
1.6. Tanımlar.....	7
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	8
2.1. Model ve Modelleme	8
2.2. Matematiksel Model ve Matematiksel Modelleme	9
2.3. Matematiksel Modelleme Süreci	11
2.4. Matematiksel Modelleme Yaklaşımları.....	16
2.5. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri	19
2.5.1. Gerçeklik prensibi.....	20
2.5.2. Model oluşturma prensibi	21
2.5.3. Öz değerlendirme prensibi.....	21
2.5.4. Yapı belgelendirme prensibi	22
2.5.5. Model genelleme prensibi.....	23
2.5.6. Etkili prototip prensibi	23
2.6. İlgili Araştırmalar	24
2.6.1. Yurt içinde yapılan araştırmalar	24
2.6.2. Yurt dışında yapılan araştırmalar.....	29
3. MATERYAL VE METOT.....	32
3.1. Araştırmanın Modeli.....	32
3.2. Araştırmanın Evren ve Örneklemi	33
3.2.1. Veri tabanları	33
3.2.2. Tarama stratejisi ve dâhil etme/çıkarma kriterleri	34
3.3. Veri Toplama Aracı	37

3.4. Verilerin Analizi	37
3.4.1. Araştırmanın geçerliği ve güvenirliği	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Birinci Alt Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular ve Tartışma	41
4.2. İkinci Alt Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular ve Tartışma	66
4.3. Üçüncü Alt Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular ve Tartışma	85
4.3. Dördüncü Alt Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular ve Tartışma.....	100
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	112
5.1. Sonuçlar	112
5.2. Öneriler	120
6. KAYNAKLAR	122
EKLER	130
ÖZGEÇMİŞ	132

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin yıllara göre dağılımı.....	41
Tablo 4.2. Araştırmaya dâhil edilen matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin tez türü açısından yapıldığı ülkelere göre dağılımı	44
Tablo 4.3. Türkiye’de matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin üniversitelere göre dağılımı	53
Tablo 4.4. Türkiye’de matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin danışanlarına ait dağılımı.....	54
Tablo 4.5. ABD ve Kanada’da matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin üniversitelere göre dağılımı	56
Tablo 4.6. ABD ve Kanada’da matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin danışman bilgileri	57
Tablo 4.7. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının yıllara göre değişimi	60
Tablo 4.8. Tezlerin öğrenme alanlarının yıllara göre değişimleri.....	65
Tablo 4.9. Matematik eğitimi konusundaki tezlere ait araştırma yöntemi dağılımları.....	67
Tablo 4.10. Matematik eğitimi konusundaki tezlere ait araştırma yöntemlerinin yıllara göre değişimi	68
Tablo 4.11. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin araştırma modellerinin dağılımı	70
Tablo 4.12. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin araştırma modellerinin yıllara göre değişimi	71
Tablo 4.13. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin örneklem türlerine göre dağılımları.....	72
Tablo 4.14. Matematiksel modelleme tezlerin örneklem türlerine göre yıllar açısından değişimi.....	73
Tablo 4.15. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin yoğunlaştığı sınıf seviyelerine göre dağılımı.....	76
Tablo 4.16. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin örneklem büyüklüğüne yönelik bilgiler.....	77
Tablo 4.17. Matematiksel modelleme tezlerde kullanılan veri toplama araçlarına ait bulgular	78
Tablo 4.18. Standart veri toplama araçlarının isimleri ve geliştiren araştırmacılara ait bilgiler.....	79
Tablo 4.19. Tezlerin kullanılan veri analiz türlerinin dağılımı	81
Tablo 4.20. Tezlerin kullanılan teknoloji türlerinin dağılımı.....	83
Tablo 4.21. Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktılarına olumlu etkilerine yönelik bulgular	86
Tablo 4.22. Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktılarına etkisinin olmadığı ya da olumsuz etkisine yönelik bulgular	90
Tablo 4.23. Öğretmen/ öğretmen adayı bilgi ve becerileri eksikliği alt temasına ait bulgular	94
Tablo 4.24. Öğrenci Katılım ve İlgisi Problemi alt temasına ait bulgular	96
Tablo 4.25. Etkinliklerin gerçek hayat ile ilişkilendirilememesi alt temasına ait bulgular	99
Tablo 4.26. Öğretmenlere yönelik öneriler alt temasına ait bulgular	102
Tablo 4.27. Araştırmacılara yönelik öneriler alt temasına ait bulgular.....	105
Tablo 4.28. Eğitimde politika yapıcılara yönelik öneriler alt temasına ait bulgular	109

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Matematiksel modelleme döngüsü	11
Şekil 2.2. Matematiksel modellemede süreci	12
Şekil 2.3. Matematiksel modellemede süreci	13
Şekil 2.4. Matematiksel modellemede süreci	14
Şekil 2.5. Matematiksel modelleme süreci	15
Şekil 3.1. Analize dâhil edilen çalışmaların akış diyagramı.....	36
Şekil 4.1. Yıllara göre YÖK Tez ve ProQuest veri tabanlarındaki matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin dağılımı	42
Şekil 4.2. YÖK Tez ve ProQuest veri tabanlarındaki matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin yıllara göre dağılımı	43
Şekil 4.3. Türkiye’deki matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türlere göre dağılımı	45
Şekil 4.4. ABD ve Kanada’da matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin türlere göre dağılımı.....	46
Şekil 4.5. Yurt içi matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre dağılımı.....	47
Şekil 4.6. Yurt içi matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre oranı	48
Şekil 4.7. Yurt dışı matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre dağılımı.....	49
Şekil 4.8. Yurt dışı matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre oranı	50
Şekil 4.9. Tez atıflarına ait yoğunluk analizi sonuçları	58
Şekil 4.10. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının genel dağılımı	59
Şekil 4.11. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının yıllara göre dağılımı	61
Şekil 4.12. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının öğrenme alanlarının dağılımı	64
Şekil 4.13. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının öğrenme alanlarının yıllara göre dağılımı.....	65
Şekil 4.14. Matematik eğitimi konusundaki tezlerin araştırma yöntemi dağılımları	67
Şekil 4.15. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin araştırma yöntemlerinin yıllara göre dağılımı.....	68
Şekil 4.16. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin araştırma modellerine göre dağılımı	70
Şekil 4.17. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin örneklem türlerine göre yıllar açısından dağılımı.....	74
Şekil 4.18. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin öğretim kademelerine göre dağılımı	75
Şekil 4.19. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin örneklem büyüklüğüne göre dağılımları	77
Şekil 4.20. Tezlerdeki matematiksel modelleme etkinliklerinde teknoloji kullanımlarının tez türlerine göre dağılımları	83

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
YÖK	: Yüksek Öğretim Kurulu
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
TYÇ	: Türkiye Yeterlilikler Çerçevesi
TIMMS	: Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması
PISA	: Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı
TTKB	: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Gelişme Örgütü
ICMI	: International Commission on Mathematical Instruction
ICTMA	: The International Community of Teachers of Mathematical Modelling and Applications
MME	: Matematiksel Modelleme Etkinlikleri

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
%	: Yüzde
<i>f</i>	: Frekans

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MATEMATİK EĞİTİMİ ALANINDA MATEMATİKSEL MODELLEME İLE İLGİLİ TAMAMLANMIŞ LİSANSÜSTÜ TEZLERİN TEMATİK VE YÖNTEMSEL EĞİLİMLERİNİN İNCELENMESİ

Semra ERTEKİN

**Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı**

Danışman : Prof. Dr. Cahit PESEN

2025, 132 Sayfa

Araştırmanın amacı matematik eğitimi alanında matematiksel modelleme ile ilgili tamamlanmış ulusal ve uluslararası yüksek lisans ve doktora tezlerinin tematik ve yöntemsel eğilimlerini belirlemektir. Araştırmada nitel araştırma yöntemi kullanılmış, model olarak ise durum çalışması benimsenmiştir. Araştırmanın amacı kapsamında 2013-2023 (Ekim ayı) yıllarını kapsayan matematik eğitimi ve öğretimi alanında Türkçe ve İngilizce olarak, YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde ve ProQuest veri tabanında yayınlanan yüksek lisans ve doktora tezlerinden; matematiksel modellemeyi konu edinen toplam 197 tez Tez Değerlendirme Formu aracılığıyla incelenmiştir. Verilerin analizinde Mendeley Reference Manager, SPSS Statistics 26 paket programı ve VOSviewer programından yararlanılmıştır. Tematik analiz ve içerik analizi, bibliyometrik analizlerden alıntı analizi ve anahtar kelime analizi yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; matematik eğitiminde matematiksel modelleme ile ilgili tezlerde özellikle 2019 yılında belirgin bir artışın olduğu, 2020 ve 2021 yıllarında ise tez sayılarının düştüğü ve 2022 yılında tekrar belirgin bir yükseliş yaşandığı görülmektedir. Türkiye'de matematik eğitiminde matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun yüksek lisans seviyesinde olduğu, ABD ve Kanada'da ise doktora çalışmalarının daha yaygın olduğu tespit edilmiştir. İlgili araştırmalarda alanda en yüksek tez üreten üniversite yurt içinde Atatürk Üniversitesi, yurt dışında ise Columbia Üniversitesi'dir. Araştırmaların konularının dağılımına bakıldığında; en yaygın konu, 45 çalışmayla modelleme etkinlikleri geliştirme olduğu görülmüştür. Öğrenme alanlarının dağılımına bakıldığında en fazla çalışılan alan 58 tez ile "Sayılar ve İşlemler" konusudur. En çok kullanılan yöntem, %61,42 ile nitel araştırma olup en yaygın model, %59,39 oranıyla durum çalışmasıdır. Araştırmalarda kullanılan en yaygın örneklem türü, ortaokul öğrencilerinin olduğu belirlenmiştir. İçerik analizi tezlerde en sık kullanılan analiz türü olup, GeoGebra en sık kullanılan teknolojidir. Bu sonuçlar bağlamında paydaşlara öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bibliyometrik analiz, matematik eğitimi ve öğretimi, modelleme, teknoloji

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE THEMATIC AND METHODOLOGICAL TRENDS OF COMPLETED GRADUATE THESES RELATED TO MATHEMATICAL MODELING IN THE FIELD OF MATHEMATICS EDUCATION

Semra ERTEKİN

**The Graduate School of Natural and Applied Science of Siirt University
The Degree of Master of Science
Mathematics and Science Education Department**

Supervisor : Prof. Dr. Cahit PESEN

2025, 132 Pages

The aim of this study is to identify the thematic and methodological trends in national and international master's and doctoral theses on mathematical modeling in mathematics education. The study employs a qualitative research method with a case study design. Within the scope of the study, a total of 197 theses focusing on mathematical modeling, published in Turkish and English in the fields of mathematics education and instruction between 2013 and October 2023, were examined using the Thesis Evaluation Form. These theses were sourced from the Council of Higher Education National Thesis Center and ProQuest databases. Mendeley Reference Manager, SPSS Statistics 26 software package, and VOSviewer were utilized for data analysis. Thematic analysis and content analysis were conducted, along with bibliometric analyses such as citation analysis and keyword analysis. The results of the study indicate a significant increase in theses on mathematical modeling in 2019, a decline in 2020 and 2021, and a noticeable rise again in 2022. In Turkey, most studies on mathematical modeling are conducted at the master's level, whereas in the United States and Canada, doctoral-level studies are more common. Among the institutions, Atatürk University in Turkey and Columbia University abroad have produced the highest number of theses in this field. Regarding the distribution of topics, the most common subject is the development of modeling activities, appearing in 45 theses. In terms of learning areas, the most frequently studied topic is "Numbers and Operations", featured in 58 theses. The most commonly used research method is qualitative research (61,42%), and the most prevalent model is case study (59,39%). The most frequently used sample group consists of middle school students. Content analysis is the most frequently applied analysis method, and GeoGebra stands out as the most commonly used technology. Based on these findings, recommendations are provided for stakeholders.

Keywords: Bibliometric analysis, mathematics education, modeling, technology

1. GİRİŞ

1.1. Problem Durumu

Matematik, tıp biliminden mühendislik uygulamalarına, ekonomiden jeolojiye kadar pek çok alanda karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle matematik, insanların gerçek yaşamlarında her daim yer alan ve düşünme süreçlerini etkileyen bir disiplindir. Matematik eğitimi, bireylerin zihinsel gelişimine katkı sağlayarak sadece okul hayatını değil, aynı zamanda kişisel ve profesyonel yaşamlarını da zenginleştirir. Problem çözme becerileriyle donanmış bireylerin, karmaşık sorunları aşma yetenekleri sayesinde toplumlarını şekillendirmelerine olanak tanır. Bu çerçevede, matematik eğitimi, bireylerin ve toplumların sürdürülebilir bir geleceğe hazırlanmasında kilit bir rol oynamaktadır. Ancak ilgili araştırmalar öğrencilerin, matematik dersini sınavları geçmek için zorunlu öğrenilen sıkıcı bir ders olarak gördüğünü ve onu gerçek yaşamdan bağımsız bir şekilde algıladıklarını bize göstermektedir (Baki, 2006). Öğrencilerin matematikle ilgili hissettiği bu ön yargılar, doğal olarak başarısızlıklara yol açmaktadır (Soylu ve Soylu, 2005).

Matematik eğitiminde matematiksel modelleme son yıllarda üzerinde geniş çaplı araştırmaların yapıldığı bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Matematiksel modelleme özellikle matematikte soyut olarak ifade edilen kavram ve süreçleri gerçek dünya problemleriyle ilişkilendirerek anlamamıza olanak sağlayan güçlü bir araç olarak önerilmektedir (Harrison, 2001). Matematiksel modelleme, öğrencilere matematiği sadece bir ders olarak değil, aynı zamanda günlük hayatlarında karşılaştıkları sorunları çözmek için kullanabilecekleri güçlü bir araç olarak görmelerini sağlayabilir (Keskin, 2008).

Matematik dersi öğretim programında modellemeye ilk defa Türkiye'de 2005 yılında yer verilmiştir (Anonim, 2005). 2011 yılında güncellenen matematik öğretim programı ortaöğretim kademesinde, öğrencilerin akıl yürütme, problem çözme, ilişkilendirme gibi becerilerini geliştirmenin yanı sıra modelleme becerisine geniş bir şekilde odaklanmıştır. Matematiksel modelleme becerisi, sadece matematikçilerin değil problem çözme ile ilgilenen tüm bireylerin kullanabileceği bir yetenek olarak vurgulanmıştır. 2018 yılında güncellenen matematik öğretim programının ortaokul kademesinde, öğrencilerin kişisel, sosyal, akademik ve iş hayatlarında gereksinim

duyacakları becerilerin ulusal ve uluslararası düzeyde geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda matematiksel modelleme, Türkiye Yeterlilikler Çerçevesi (TYÇ), Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) ve Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması (TIMSS) gibi uluslararası karşılaştırmalı ve Akademik Becerilerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi (ABİDE) gibi ulusal sınavlarda önemli bir yer tutmaktadır. Matematiksel modelleme sürecindeki aşamaların, günlük yaşamla ilgili soruların çözümünde bu sınavlarda kullanılması gerektiği ifade edilmektedir (Anonymous, 2018; Anonim, 2020). PISA 2021 raporunda, matematiksel modellemenin PISA matematik yapısının temel bileşeni olduğu vurgulanmış ve formüle etme, kullanma, yorumlama ve değerlendirme aşamalarından oluşan modelleme sürecinin, PISA'nın matematik okuryazarlığı anlayışının merkezinde yer aldığı belirtilmiştir (Anonymous, 2018). Aynı şekilde, 2020 yılı TIMSS sınavında da matematik bilişsel alanı kapsamında değerlendirilen becerilerden biri modelleme olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2020).

Matematiksel modellemenin öğrenci başarısı, problem çözme yetenekleri ve matematik anlayışları üzerindeki potansiyel etkilerinin anlaşılması için geniş çerçevede araştırmalara ihtiyaç duyulduğu bir gerçektir. Bu nedenle, araştırmacılar açısından araştırmalardaki eksik yönlerin belirlenerek konunun evrildiği noktayı ortaya çıkarmak, öğretmenler temelinde ise matematiksel modelleme sürecinin öğrenme çıktılarına olan etkisi, öğrenci katılımı ve motivasyonu üzerindeki etkileri sistemli bir şekilde değerlendirilmesi yadsınamaz bir ihtiyaçtır. Ayrıca, öğretmenlerin bu stratejileri sınıf içinde nasıl uyguladıkları, öğrenci ihtiyaçlarına nasıl adapte ettikleri ve bu süreçte karşılaştıkları zorluklar da geniş çapta ele alınması gereken konular arasındadır.

1.2. Amaç ve Önem

Bu çalışmanın amacı matematik eğitimi ve öğretimi çerçevesinde yurt içi ve yurt dışında matematiksel modelleme alanında hazırlanan yüksek lisans ve doktora tezlerinin tematik ve yöntemsel analizleri yapılarak, bu süreçte ilgili modelleme çalışmalarının genel durumunu ortaya koymaktır. Matematiksel modelleme tezleri detaylı tarama ile belirlenmiş ve çalışmaların odak noktaları, yoğunlaşılan temalar ve kapsamlı yöntem tespiti ile eğilimleri ortaya çıkarılmıştır.

Araştırmaların tematik özellikleri çerçevesinde yapıldığı yıllara, yayın türlerine, ülkelere ve üniversitelere göre dağılımı ve modellemede ele alınan konularının zaman içindeki değişimi detaylı incelenmiştir. Ayrıca araştırmaların yöntemsel özellikleri açısından; araştırma tasarımı eğilimleri, kullanılan veri toplama araçları ve analiz türleri, örneklemin niteliği ve yoğunlaştırılan öğretim kademesi, kullanılan teknoloji ile sonuç ve önerileri gibi kapsamlı analizler ile çalışmaların niteliği ortaya çıkarılmıştır.

Bilimsel araştırma sonuçları, çeşitli bilim alanlarını, politika ve uygulamalarını etkileme konusunda önemli bir yer tutar. Bu sonuçlar, hem uygulamalar için ampirik bir temel oluşturur hem de mesleki faaliyetlerde uygulayıcılara rehberlik eder. Ayrıca, eğitim alanındaki birçok çalışma, eğitim reformlarının temelini oluşturarak uygulama alanı bulmuştur. Bilimsel araştırma sonuçlarını bütünleştirme, belirli bir konuyla ilgili araştırmaları geniş bir perspektiften inceleme ve yeni bir ürün oluşturma yaklaşımı, günümüzde yaygın olarak kullanılan araştırma yöntemlerinden biridir.

Özellikle 1980'lerde Amerika Birleşik Devletleri'nde popüler olan eğitim araştırmalarının niteliğinin belirlenmesi, genel profilin haritalanması, bu araştırmaların evrimleştiği boyutlar ve verilerden yeni üst sonuçlar elde etme (durum çalışması, sistematik tarama, meta-analiz vb.) gibi araştırmalar, ülkemizde 2000'li yıllarda artan birikim ile birlikte daha geniş yer verilen araştırma türlerindendir. Yeni bir araştırmaya başlamayı planlayan bir araştırmacının belirleyeceği ilk kaynak, mevcut araştırmaları ortaya koyan, literatürde eksik kalan alanları tanımlayan ve sonuçları geniş çerçevede sunan çalışmalardır. Belirli bir alanda yapılan farklı çalışmaları bir araya getirerek eğilimleri belirlemek, eğitimcilerin ve karar alıcıların bilinçli kararlar almalarına yardımcı olabilir. Aynı zamanda, öğretmenlerin matematiksel modelleme konusundaki uygulamalarını geliştirmek için potansiyel stratejilerin belirlenmesine de katkıda bulunabilir.

Tezin kapsamının özgün ve alana katkısı olması amacıyla yapılan etütler şu şekilde özetlenebilir;

Uzman görüşleri: Alanda çalışan ve lisansüstü tez danışmanlığı yapan eğitim alanında iki uzmanın görüşüne başvurularak mevcut çalışmaların evrildiği noktalar ile ortaya çıkan sorunlar üzerinde görüşme yapılmış, bu sayede matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmalara yönelik uzman görüşleri alınmıştır. Bu görüşmelerden yapılabilecek bir tez çalışmasında uluslararası yayınlarında dahil edilebileceği, özellikle

belirli ülkelerde belirli akademik çevrelerin bu alanda yoğunlaşma eğiliminde olabileceği, bu amaçla detaylı bir analiz gerektiği, araştırmalarda çalışılan konuların kapsamının belirlenmesi ihtiyacı, araştırmaların yöntemleri açısından yönelimin ileride araştırmacılar için bir yol haritası niteliğinde olacağı, araştırma sonuçlarının ve önerilerinin de analizlere dahil edilmesi gerektiği görüşleri ortaya çıkmıştır. Bu nedenle araştırmamıza YÖK Tez veri tabanına ilave olarak ProQuest veri tabanındaki tezlerde dahil edilmiş ve ülke bilgileri de kapsama alınmıştır.

İlgili literatür boşlukları: Konu ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; Ünlü (2023), Eryiğit (2022), Koç (2020) ve Albayrak (2017) tarafından hazırlanan lisansüstü tez düzeyinde kapsamı bulunan araştırmalara rastlanmıştır. Literatürdeki makale ve tezler titizlikle incelenmiş, bu araştırmaların kapsamı ve sınırlılıkları ortaya konmuştur. Bu sayede alandaki boşluğu giderecek özgün bir araştırma planlanmaya çalışılmıştır.

Eryiğit (2022) “Türkiye’de İlköğretim Matematik Alanında Matematiksel Modellemelerle İlgili Yapılan Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi” başlıklı tez çalışmasında; araştırma yıllarını 2000-2020 yılları ile sınırlı tutmuş ve sadece YÖK Tez merkezi kapsamındaki tezlerle sınırlamıştır. Ayrıca araştırmasını sadece ilköğretim kademesinde yapılan tezlerle sınırlamıştır. Bu bağlamda hazırlanan bu araştırmada 2023 yılında hazırlanan tezler ile matematik eğitim ve öğretimi alanındaki farklı kademelerdeki tezler de örnekleme dahil edilerek boşluk doldurulmaya çalışılmıştır.

Albayrak (2017) “Türkiye’de Matematik Eğitimi Alanında Yayınlanan Matematiksel Model ve Modelleme Araştırmalarının Betimsel İçerik Analizi” adlı çalışmasını 2016 yılına kadar olan tezlerle sınırlandırmıştır. Dolayısıyla bu çalışma toplamda 28 teze sınırlı kalmıştır. Modellemeye yönelik çalışmaların son yıllarda yoğunlaştığı göz önüne alınırsa bu güncel alan için ciddi bir sınırlılıktır. Araştırmamızda ise çalışma süresi 2013-2023 yıllarını kapsayacak şekilde genişletilmiştir.

Koç (2020) “An Investigation on Theses and Dissertations on Mathematical Modeling in Turkey in The Last Two Decades” tez çalışmasını 2019 yılı ile sınırlamış ve yöntemsel analize girmemiştir. Ayrıca veri tabanı yine yurt içi ile sınırlı kalmıştır. Dolayısıyla bibliyografik veriler de söz konusu değildir. Bu araştırmamızda 4 yıllık güncel çalışmaların yanında yöntem analizi, öne çıkan temaların analizi ve bibliyometrik veriler de dahil edilmiştir. Bu nedenle araştırmamıza ProQuest veri

tabanındaki tezlerde dahil edilmiş, araştırma önerileri, detaylı yöntem analizi ile ülke bilgileri de kapsama alınmıştır.

Ünlü (2023) “Matematiksel Modelleme ile Öğretimin Matematik Başarısına ve Tutumuna Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması” çalışmasında örnekleme aldığı çalışmaların kapsamını başarı ve tutum şeklinde sınırlandırdığı için çalışmamızda konu sınırlamasına gidilmemiştir. Ayrıca bahsi geçen tez bir meta-analiz çalışması olduğu için yöntem analiz sınırlı kalmıştır.

Öncelikle, bu araştırma, matematiksel modellemenin lisansüstü düzeydeki akademik çalışmalardaki mevcut durumunu anlamamıza olanak tanıyacaktır. Tezlerin tematik incelemesi, matematiksel modellemenin hangi konularda yoğunlaştığını ve hangi alanlarda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu belirlememize yardımcı olur. Ayrıca, yöntemsel analiz, matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan araştırma yöntemlerini belirleyerek farklı yöntemlerin uygulanmasına ışık tutacaktır. Bu çalışma gelecekteki araştırmacılara hangi metodolojilerin daha etkili olduğunu anlama konusunda rehberlik ederek ve bu alandaki araştırmalara yönelik metodolojik bir rota çizerek alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.3. Problem Cümlesi

Matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili ulusal ve uluslararası yüksek lisans ve doktora tezlerinin tematik ve yöntemsel eğilimleri ile sonuç ve önerilerin dağılımı nasıldır? sorusu bu araştırmanın problem cümlesini oluşturmaktadır.

1.4. Alt Problemler

Araştırmanın problem cümlesiyle ilişkili olarak aşağıdaki dört alt probleme cevap aranmıştır:

A. Matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezlerinin tematik özelliklerinin yıllara göre dağılım ve değişimleri nasıldır?

- Tezlerin yıllara göre dağılımları nasıldır?
- Tezlerin türü açısından yapıldığı ülkelere göre dağılımları nasıldır?
- Tezlerin yapıldığı üniversitelere göre dağılımları nasıldır?
- Tez konularının yıllara göre dağılım ve değişimleri nasıldır?
- Tezlerin öğrenme alanlarının yıllara göre dağılım ve değişimleri nasıldır?

B. Matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezlerinin yöntemsel özelliklerinin yıllara göre dağılım ve değişimleri nasıldır?

- Tezlerdeki yöntemlerin yıllara göre dağılım ve değişimleri nasıldır?
- Tezlerdeki örneklem türlerinin yıllara göre dağılım ve değişimleri nasıldır?
- Tezlerin yoğunlaştığı öğretim kademelerine göre örneklem dağılımları nasıldır?
- Tezlerin örneklem grubu büyüklüğüne göre dağılımları nasıldır?
- Tezlerin veri toplama araçlarına göre dağılımları nasıldır?
- Tezlerin kullanılan veri analizlerine göre dağılımları nasıldır?
- Tezlerdeki matematiksel modelleme etkinliklerinde teknoloji kullanımı dağılımları nasıldır?

C. Matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tez sonuçlarının dağılımları nasıldır?

D. Matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tez önerilerinin dağılımları nasıldır?

1.5. Sınırlılıklar

Bu araştırmanın sınırlılıkları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

- Araştırmada, 2013-2023 (Ekim) yıllarında (bu yılları da kapsayacak şekilde) yurt içi ve yurt dışında yapılan tezler incelenmiştir.
- Araştırmanın odaklandığı ana konu, matematiksel modellemedir.
- Araştırmada yurt içi ve yurt dışında yapılan yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları değerlendirilmiştir.
- Araştırmada taranan tezler Türkçe ve İngilizce dilleriyle sınırlı olup tam metin şeklinde ulaşılabilen tezler araştırmaya dahil edilmiştir.
- Araştırma verileri, *Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Tez Merkezi* ve *ProQuest* veri tabanlarındaki tezlerle sınırlıdır.

1.6. Tanımlar

Veri Tabanı: Çeşitli akademik alanlarla ilgili dijital bir depo veya koleksiyon olup, araştırma makaleleri, tezler, bildiriler, dergiler, kitaplar ve diğer bilimsel materyalleri içerir.

Bibliyometri: Belirli bir alanda, belirli bir dönemde ve belirli bir bölgede bireyler veya kurumlar tarafından üretilmiş yayınların ve bu yayınlar arasındaki ilişkilerin sayısal olarak analizidir (Wider ve ark., 2024).

ProQuest: ProQuest, bir bilgi hizmetleri şirkettir ve geniş bir veri tabanı koleksiyonuna sahip olan bu şirket, akademik ve profesyonel içerikleri araştırmacılar, öğrenciler ve profesyonellerle buluşturur. ProQuest veri tabanları, kitaplar, dergiler, tezler, makaleler, haberler ve diğer çeşitli bilgi kaynaklarını içerir. Bu veri tabanları genellikle kütüphaneler, akademik kurumlar ve araştırmacılar tarafından kullanılır. ProQuest, çok çeşitli disiplinlerdeki bilgileri kapsayan geniş bir araştırma kaynağı sunar (Anonymous, 2024).

Matematiksel Modelleme: Matematiksel modelleme gerçek yaşamdaki bir problem durumunun matematiksel olarak ifade edilmesi ve matematiksel modeller yardımıyla açıklanması sürecidir (Berry ve Houston, 1995).

İçerik Analizi: İçerik analizi, yazılı veya sözlü materyallerin sistematik, nesnel ve niteliksel bir şekilde sınıflandırılarak tema, alt tema ve kategoriler şeklinde analiz edilmesini sağlayan bir yöntemdir (Krippendorff, 2013).

VOSviewer: VOSviewer, bibliyometrik haritalama, atıf analizi, ortak atıf analizi, bölge dağılımı ve veri görselleştirme amacıyla kullanılan bir yazılımdır ve özellikle bilimsel yayınların analizinde tercih edilir (Van Eck ve Waltman, 2010).

Mendeley: Mendeley, referans yönetimi ve akademik makalelerin düzenlenmesi için kullanılan bir yazılım olup, kullanıcıların literatürü organize etmesine ve paylaşmasına olanak tanır (Elsevier, 2023).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Araştırmanın kuramsal çerçevesini ortaya koymak adına matematiksel modellemeyi anlamak için model-modelleme kavramlarını tanımak ve matematiksel model ile modelleme süreçlerini farklı yaklaşımlar çerçevesinde analiz etmek gerekmektedir. Bu bağlamda özellikle modelleme sürecinin dinamik yapısı modelleme tasarım ilkeleri temelinde irdelenerek, modelleme etkinlikleri kavramlarına yer verilecektir.

2.1. Model ve Modelleme

Modeller, bir düşünce, nesne veya durumun görselleştirilmiş temsilleridir (Gilbert, Boulter ve Elmer, 2000). Bu görsel temsiller, karmaşık sistemleri anlamak, tanımlamak ve açıklamak için kullanılan zihinsel kavramsal sistemleri dış dünyaya aktarmak amacıyla oluşturulur (Lesh ve Doerr, 2003).

Dost'a (2019) göre, gerçek hayatı anlamak için kavramsal sistemlere veya bu sistemlerin dış temsillerine, yani modellere ihtiyaç vardır. Mühendislerin tasarladığı maket uçaklar, gerçek özelliklere benzerlik gösterse de tüm detayları içermez; bu modeller, karmaşık sistemleri anlamak ve olası sorunları önceden tahmin etmek amacıyla yapılmaktadır (Lesh ve Doerr, 2003). Bu bağlamda, model gerçekten daha basit özelliklere sahiptir. Model, karmaşık sistemlerin zihinsel modellerinin harmanlanmasıyla oluşturulan ve dış dünyaya aktarılan bir temsilidir. Genellikle karmaşık süreçlerin veya nesnelerin basitleştirilmiş bir gösterimi olarak kabul edilir, böylece karmaşık bir sistemin oluşumunu veya bir nesnenin meydana gelişini anlamamıza yardımcı olur (Harrison, 2001). Ayrıca, modeller öğrenme ortamlarında konuların daha iyi öğrenilmesini ve ölçülmesini sağlamak için kullanılabilir. Bilgilerin soyut ve karmaşık özelliklere sahip süreçleri ve nesneleri daha kolay anlamamıza yardımcı oldukları için önemli bir rol oynarlar (Harrison, 2001). Yıldız (2006), modellerin gerçek olmadığını, ancak bilginin transferi ve fikir gelişimi için önemli olduklarını vurgular.

Modeller, farklı perspektiflere göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Güneş, Gülçiçek ve Bağcı'ya (2003) göre, modeller, görünüş, bilimsel-bilimsel olmayan ve işlevsel özelliklere göre kategorize edilebilir. Harrison ve Treagust'un (1996) sınıflandırmasına göre ise modeller, kuramsal, benzerlik, ölçekli, matematiksel, harita-diyagramlar ve kimyasal formüller gibi gruplara ayrılabilir. Gilbert ve Boulter'ın (1998)

yaptığı başka bir sınıflandırmaya göre ise modeller, madde, görsel, sözel ve simgesel olarak da ayrılabilir.

Hıdıroğlu'na (2012) göre, model modelleme sürecinin sonunda elde edilen ürün, malzeme veya durumsal araç olarak adlandırılırken, modelleme terimi, model oluşturma sürecini ifade etmektedir. Modelleme sürecinde durumlar veya olaylar modeller aracılığıyla açıklanır ve temel amaç model oluşturmak değildir.

2.2. Matematiksel Model ve Matematiksel Modelleme

Öğrencilere matematiğin gerçek hayattaki önemini vurgulamak için günlük yaşamdan alınan problemler ve örnekler sunulmalıdır (Kaiser ve Schwarz, 2006). Öğrencilerin matematiği anlamalarında önemli bir rol oynayan matematiksel modelleme, gerçek yaşam problemlerini ve matematiksel ilişkileri içerir. Bu nedenle, gerçek hayatla matematik arasındaki bağı sağlamlaştırılması için matematiksel model ve matematiksel modelleme terimlerinin tam anlamıyla benimsenmesi ve incelenmesi önemlidir.

Lesh ve Fennwald'a (2010) göre, matematiksel bir model, gerçek dünya problemini parçalara ayırır, matematiksel terimlerle ifade eder ve birleştirir, böylece gerçek dünya problemini yansıtan matematiksel bir sistem olarak yeniden oluşturur. Modeller, kavramsal anlayışın ve matematikleştirme becerisinin gelişimini teşvik eden kavramsal sistemlerdir (Lesh ve Doerr, 2003). Sonuç olarak, model, gerçek bir dünya problemi için betimleyici çözümlerdir. Eğer model gerçek dünya probleminin sonucunu başarıyla öngöremiyorsa, değiştirilmesi gerekir (Dym, 2004).

Son yirmi yıl içinde, matematiksel modelleme, matematik eğitimi alanında farklı araştırmacılar tarafından tartışılmıştır, ancak matematiksel modellemelerin tanımı farklı çalışmalarda farklılık gösterir. Blum ve Borromeo Ferri (2009), matematiksel modellemeyi "gerçek dünya ile matematik arasında her iki yönde çeviri süreci" olarak tanımlarlar (s. 45). Bu tanıma göre, "gerçek dünya", matematik dünyasının dışındaki durumları içerir, "doğa, toplum, günlük yaşam ve diğer bilimsel disiplinleri" kapsar (Pollak, 2007). Carlson ve diğerleri (2016), matematiksel modellemeyi "matematiğin otantik, gerçek dünya problemlerini çözmek için kullanıldığı bir süreç" olarak tanımlarlar.

Carreira ve Baioa'ya (2011) göre, öğrencilerin düşüncelerini ifade ettikleri, yorumladıkları, denedikleri ve uyardıkları sürecin neticesi, matematiksel bir model

olarak adlandırılır ve bu süreç matematiksel modelleme olarak bilinir. Kertil' e (2008) göre, matematiksel modelleme, karşılaşılan problem durumlarını matematiksel olarak anlamak için gerekli kavramsal yapıları içermektedir. Keskin (2008) matematiksel modellemeyi, gerçek yaşamda karşılaşılan ve çözüm bekleyen problemlerin üstesinden gelen bir süreç olarak tanımlarken; Kapur' a (1998) göre matematiksel modelleme hem gerçek hayat problemlerini çözmeye hem de matematiksel problemleri gerçek yaşam durumlarına uyarlamaya olanak sağlayan bir süreçtir. Erbaş ve diğerleri (2014), matematiksel modellemeyi, gerçek yaşamdan bir olayın matematiksel yöntemlerle analiz edilmesi olarak tanımlarken; Niss (1988), matematiksel modellemeyi, gerçek dünyadaki bir durumun belirli bir kısmını temsil etmek amacıyla kullanılan matematiksel yapılar ve bu yapılar arasındaki ilişkilerin bir araya gelmesi olarak ifade etmiştir.

Blum ve Borromeo Ferri' ye (2009) göre, matematiksel modellemenin amaçları; (i) öğrencilere gerçek dünya olgularını anlama konusunda yardımcı olmak; (ii) motivasyon, anlama ve kavram oluşturma dahil olmak üzere her türlü matematik öğrenimini desteklemek; (iii) matematik yeterliliğini geliştirmek ve (iv) matematiksel bir bakış açısı sunmak için daha doğru ve betimleyici bir zihin kazandırmaktır.

Lesh ve Doerr (2003)'e göre, matematiksel bir modelin şu özelliklere sahip olması gerekir:

- i. Hedefle ilişkilidir. Hedef bir nesne, bir sistem, bir süreç veya bir olgu olabilir.
- ii. Doğrudan ölçülemeyen veya gözlemlenemeyen bir hedef hakkında bilgi edinmek için kullanılan bir araştırma aracıdır. Bu nedenle, bir spektrum veya fotoğraf bir model olarak kabul edilmez.
- iii. Hedef belirlendikten sonra birbiri ardına etkileşen süreçler sonucunda geliştirilir.
- iv. Uygun benzetmeler yaparak amaçlanan kavram hakkında test edilebilir hipotezler oluşturma fırsatı tanır. Bir model oluştururken, model ile hedef arasındaki benzerlikleri ve farkları dikkate almak, modelin temsil ettiği şey hakkında tahminlerde bulunmayı kolaylaştırır.

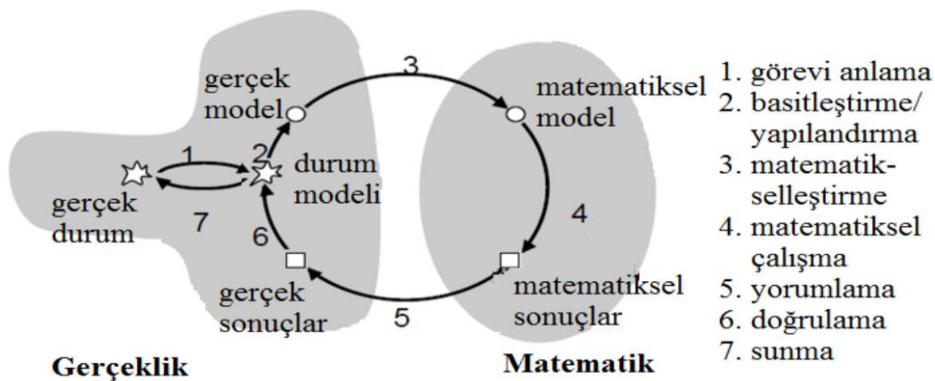
Matematiksel modelleme terimi bazen matematiği modelleme ile karıştırılabilmektedir, ancak matematiksel modelleme, matematiğin soyut yapısını kavramak amacıyla yapılan matematiği modelleme anlayışından farklılık gösterir (Çavuş-Erdem, 2018). Örneğin, onluk sayma blokları, cebir karoları ve kesir kartları

gibi somut materyaller, matematiksel kavramları ve işlemleri daha anlaşılır hale getirmek için kullanılan araçlardır. Bu nedenle, matematiksel modelleme genellikle ilkokul düzeyinde somut materyallerin kullanımı olarak algılanır (Lesh ve ark., 2003). Cirillo ve arkadaşları (2016) ise matematiği modelleme olarak tanımlanan matematiksel kavram ve yapıların görsel temsillerle gösterilmesini ele alır ve bunu matematiksel modellemeden ayrı bir kavram olarak değerlendirir. Matematiği modellemede temel amaç, matematiksel kavramları görsel bir formda anlaşılır hale getirmektir, ancak matematiksel modellemede amaç, gerçek yaşamdaki problemlere çözüm olabilecek kavramsal araçları geliştirmektir. Matematiksel modelleme sürecinde, görsel ve somut modellerin yanı sıra denklem, eşitsizlik, grafik ve tablo gibi çeşitli yapılar da model olabilir.

2.3. Matematiksel Modelleme Süreci

Matematiksel modelleme konusundaki araştırmalar, modelleme sürecinin döngüsel bir nitelik taşıdığını göstermektedir. Bu bağlamda, araştırmacılar, matematiksel modelleme adımlarını, bu adımlar arasındaki ilişkileri ve geçişleri inceleyerek, öğrencilere matematiksel modelleme becerileri kazandırmak için uygulanması gereken süreci belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan çalışmalar, matematiksel modellemenin kapsamlı ve karmaşık bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır (Justi ve Gilbert, 2002).

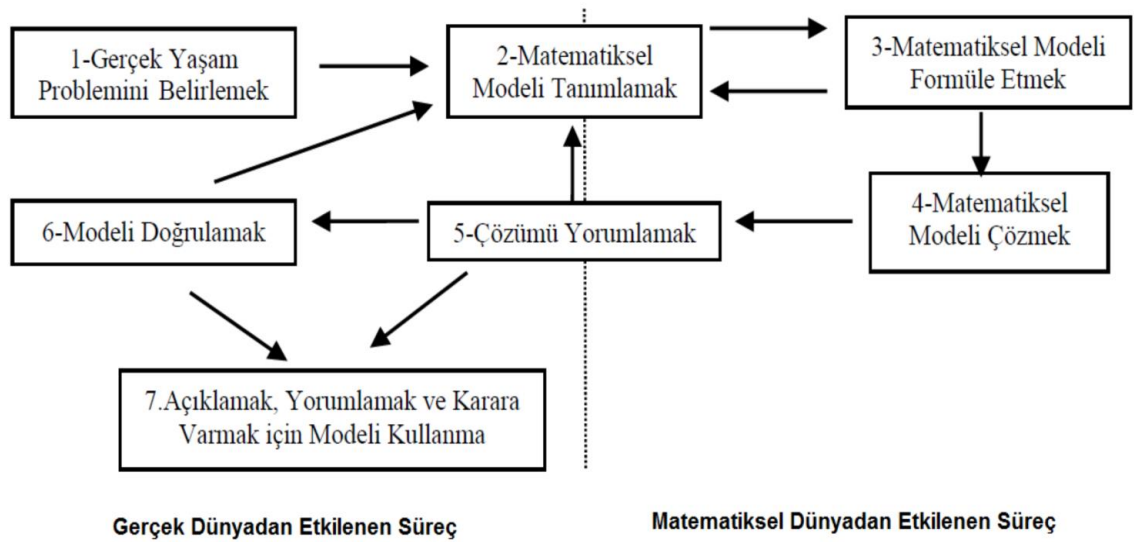
Matematiksel modelleme sürecini tanımlayan Blum ve Leiß (2007), özellikle durum modeli aşamasına odaklanarak bu süreci betimlemişlerdir. Şekil 2.1.'de Blum ve Leiß (2007) tarafından ortaya konan matematiksel modelleme döngüsü sunulmuştur.



Şekil 2.1. Matematiksel modelleme döngüsü (Blum ve Leiß, 2007)

Modelleme sürecinin ilk adımı, gerçek hayattaki bir durumu ya da problemi anlamak ve buna yönelik bir zihinsel temsil oluşturmaktır. Bu temsil üzerinden gerçek modele ya da probleme geçerken, matematiksel bilgiler kullanılarak durum sadeleştirilir, yapılandırılır ve çözüm için gerekli unsurlar belirlenir (Blum ve Leiß, 2007). Gerçek model ya da problem oluşturulduktan sonra, matematiksel bilgiler yardımıyla matematikleştirme gerçekleştirilir ve böylece matematiksel bir model veya problem ortaya çıkar. Modelleme becerileri kullanarak bu matematiksel model ya da problemlerin çözümleri elde edilir ve sonuçlara ulaşılır. Matematiksel sonuçlar, gerçek dünyadaki karşılıklarıyla karşılaştırılır ve bu sonuçlar yorumlanır. Son olarak, gerçek dünyadan elde edilen sonuçlarla zihinsel temsiller arasındaki uyum değerlendirilir ve doğrulama süreci tamamlanır (Borromeo Ferri, 2006; Blum ve Leiß, 2007).

Mason (1988) matematiksel modelleme sürecini, gerçek dünyadan etkilenen ve matematiksel dünyadan etkilenen süreç olmak üzere iki ayrı kategoriye ayırmaktadır. Bu süreç Şekil 2.2.'de sunulmuştur.

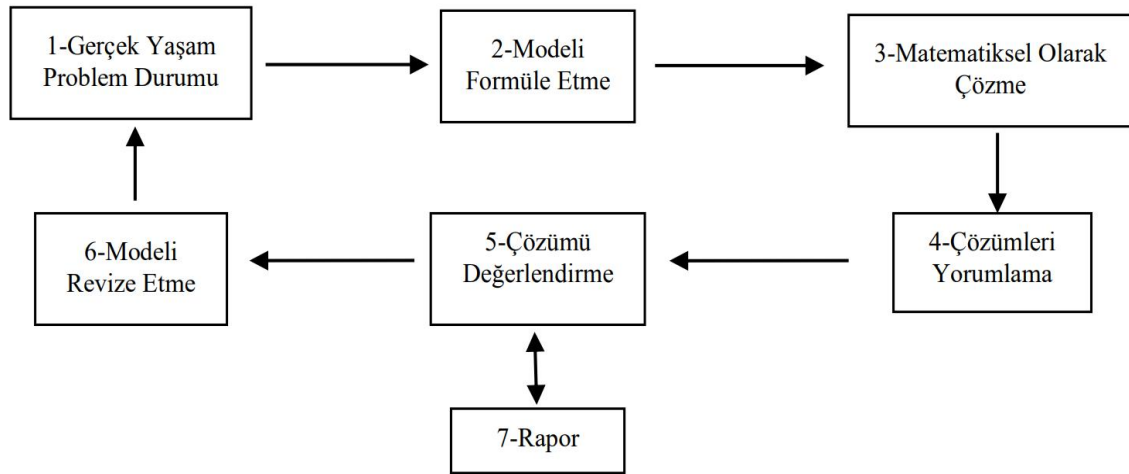


Şekil 2.2. Matematiksel modelleme süreci (Mason, 1988)

Mason' a (1988) göre, modelleme süreci genel olarak 1. basamaktan 7. basamağa doğru ilerleyebilir, ancak özellikle gerçek sonuçlara ulaşırken karşılaşılan yapı karmaşıktır. Matematiksel çözümün uygun olduğu basit bir model ile karmaşık bir

durumu temsil eden gerçek durum arasında sürekli bir etkileşim vardır. Oluşturulan modelin gerçeği yansıttığı düşünülse de bazen modelden elde edilen matematiksel sonuçlar gerçek yaşam sonuçlarına dönüşmeyebilir. Böyle bir durumda, birey genellikle doğrulama adımına geri dönerek ikinci aşamaya yeniden geçer ve yeni bir matematiksel model oluşturur. Çoğu zaman bireyler, doğrudan beşinci aşamadan yedinci aşamaya geçebilir; ancak matematiksel modelin gerçek yaşam durumuna uygun olmadığı durumlar dikkatle incelenmeli ve gerekirse birey ikinci aşamaya geri dönmelidir. Bu nedenle, süreç boyunca fiziksel gerçeklik ile matematiksel dünya arasında kaçınılmaz bir etkileşim ve geçiş söz konusudur. Mason (1988), çalışmasında önceki araştırmalardan farklı olarak modelin doğrulama sürecine özel bir önem atfetmiştir.

Berry ve Davies (1996) Şekil 2.3.'te gösterildiği üzere matematiksel modelleme döngüsünü yedi temel adım altında açıklamaktadır.

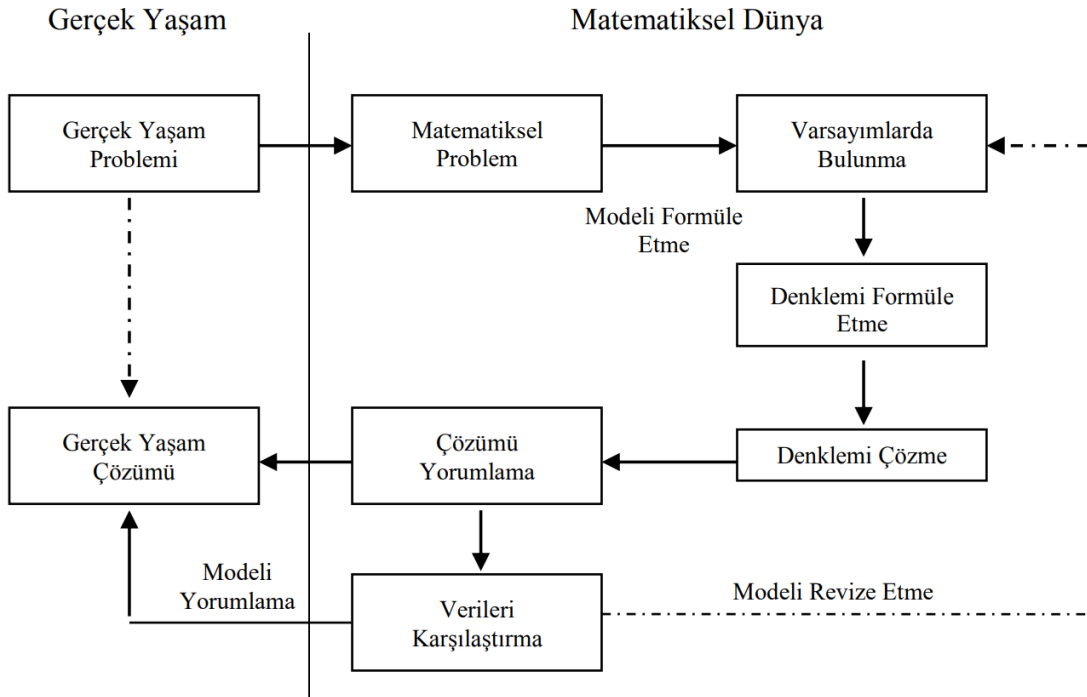


Şekil 2.3. Matematiksel modellemede süreci (Berry ve Davies, 1996)

Berry ve Davies' e (1996) göre, sürecin başlangıcında gerçek yaşam problemi ele alınır ve bu durumu ifade eden matematiksel model oluşturulur. Matematiksel model kullanılarak problem çözülür ve elde edilen sonuçlar yorumlanarak doğruluğu değerlendirilir. Eğer sonuçların doğruluğu konusunda şüphe varsa, modelin doğruluğu sorgulanmalı ve gerektiğinde düzeltilmelidir. Son olarak, çözümün doğruluğu gerçek yaşam durumuna göre incelendiğinde herhangi bir sorun gözlenmiyorsa, çözüm yazılı veya sözlü bir rapor haline getirilir. Bu çalışma, aslında modelleme sürecinin bir parçası olan 1. ve 7. adımların, süreci temsil etmekten ziyade bir bileşen veya durumu ifade

ettiğini ortaya koymaktadır. Diğer adımlar süreci temsil ettikleri için temel adımlar olarak kabul edilirken, 1. ve 7. adımların bir bileşeni veya durumu temsil ettikleri ve bu nedenle temel adım ile bileşen arasındaki farkın vurgulanması uygun olacaktır.

Cheng' e (2001) göre, matematiksel modelleme, gerçek yaşam problemlerinin matematiksel ifadelerle temsil edilmesi sürecidir; matematiksel model ise karmaşık bir gerçek yaşam durumunun özetidir veya basitleştirilmiş halidir. Matematiksel modelleme, gerçek yaşam problemlerini çözmek için matematiksel bir probleme dönüştürme aşamasıyla başlar, ardından problem matematiksel tekniklerle çözülür ve elde edilen matematiksel çözümler gerçek yaşama uyarlanarak yorumlanır. Cheng (2001)'in belirlediği modelleme döngüsüne Şekil 2.4.'te yer verilmiştir.

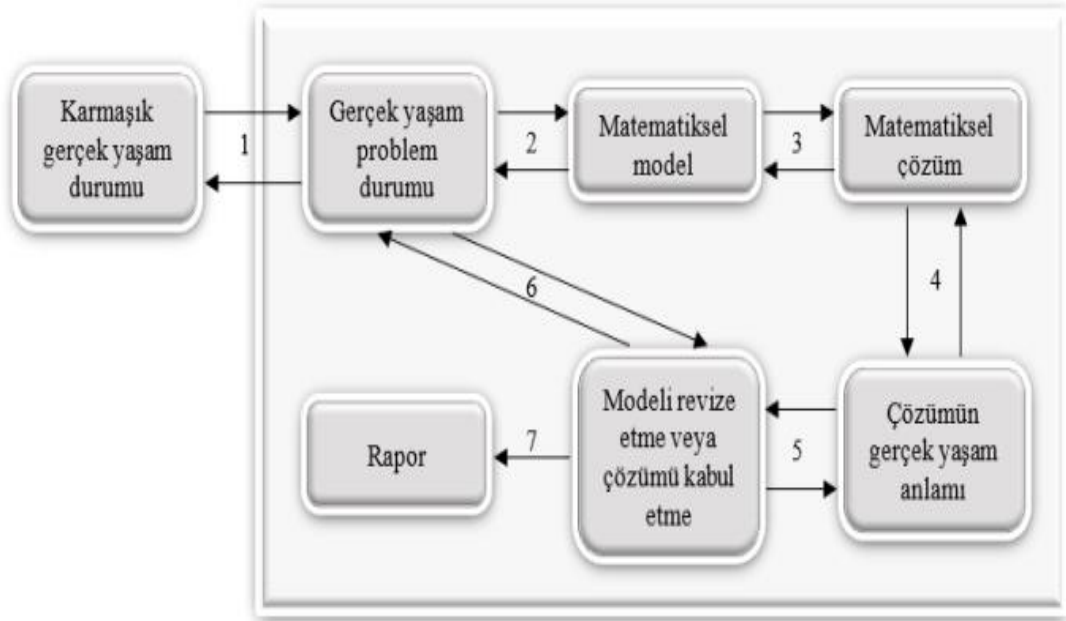


Şekil 2.4. Matematiksel modellemede süreci (Cheng, 2001)

Cheng' in (2001) modelleme sürecine göre, ilk adım gerçek yaşam probleminin anlaşılmasıdır. Bu aşamada, problemi çözmek için gerekli bilgi ve veriler toplanır ve detaylı bir analiz yapılır. Sonrasında, matematiksel model oluşturma adımına geçilir. Burada, gerçek yaşam problemi, matematiksel terimlerle ifade edilerek özeti çıkarılır veya basitleştirilir. Oluşturulan matematiksel model, bir sonraki adımda matematiksel teknikler kullanılarak çözülür. Problem, uygun matematiksel yöntemler ve tekniklerle

ele alınarak çözüm bulunur. Elde edilen matematiksel çözümler, gerçek yaşam durumuna uyarlanır ve yorumlanır. Bu aşamada, matematiksel sonuçlar gerçek dünya problemleriyle ilişkilendirilir ve anlamları değerlendirilir. Bu süreç matematiksel düşünceyi pratik problemlere uygulama becerisini geliştirme amacını taşır (Hıdıroğlu ve Güzel, 2013).

Matematiksel modelleme süreci ile ilgili daha birçok farklı araştırmacının farklı yaklaşımlar perspektifinde açıkladıkları süreçler bulunmaktadır. Bu bölümde öne çıkan modeller üzerinde süreç açıklanmaya çalışılmıştır. Matematiksel modelleme süreci üzerine yapılan araştırmalarda, çeşitli düşüncelerin ortaya çıkması, sürecin karmaşıklığını açığa çıkarmaktadır. Bu karmaşık yapının analiz edilebilmesi, farklı bakış açılarından değerlendirme yeteneği ile sağlanmaktadır (Baki, 2006). Teknolojinin çeşitli etkilerini göz önüne alarak gerçekleştirilen matematiksel modelleme sürecine yönelik çalışmaların, daha zengin bilişsel ve üst bilişsel süreçlerin ortaya çıkmasına neden olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, matematiksel dünya ile gerçek yaşamın yanı sıra teknoloji tabanlı dünyanın da süreçte etkili olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Hıdıroğlu ve Güzel, 2013).



Şekil 2.5. Matematiksel modelleme süreci (Galbraith ve Stillman, 2006).

Galbraith ve Stillman (2006), teknoloji destekli matematiksel modelleme sürecini yedi temel aşamadan oluşan bir yapı olarak tanımlamışlardır. Bu aşamalar sırasıyla; karmaşık bir gerçek yaşam durumu, bu durumdan türetilen bir gerçek yaşam problemi, matematiksel bir model, matematiksel çözüm, bu çözümün gerçek yaşam bağlamındaki anlamı, değerlendirme ve raporlama şeklinde sıralanmaktadır. Süreç döngüsel bir yapıya sahiptir ve aşamalar arasında sürekli bir geçiş bulunmaktadır. Bu geçişler şu şekilde özetlenmiştir:

1. Gerçek yaşam durumunun anlaşılması, yapılandırılması, basitleştirilmesi ve içeriğin yorumlanması,
2. Varsayım oluşturma, matematiksel ifadeye dönüştürme ve matematikselleştirme,
3. Matematiksel analiz ve çalışma,
4. Matematiksel sonuçların yorumlanması,
5. Sonuçların birleştirilmesi, eleştirilmesi ve doğrulanması,
6. Eğer model tatmin edici ise, çözümün savunulması ve iletişimi,
7. Eğer model tatmin edici değilse, modelleme sürecinin tekrarlanması.

Bu süreç, modelin başarıya ulaşmadığı durumlarda yeniden gözden geçirilerek döngüsel bir biçimde ilerlemektedir.

2.4. Matematiksel Modelleme Yaklaşımları

Matematiksel modellemeye dair farklı yaklaşımlar mevcut olup evrensel bir anlayış bulunmamaktadır (Kaiser ve Sriraman, 2006). Bazı araştırmacılar (Lesh ve Doerr, 2003), matematiksel modellemeyi yapısalcılığın ötesinde bir paradigma olarak benimseyerek, bunu eğitim ve öğretimde yeni bir yaklaşım olarak görürken; diğerleri matematiksel modellemeyi, hazırlanan matematiksel yapıların, modellerin ve formüllerin gerçek yaşam durumlarını matematik dilinde ifade etme, gerçek yaşam uygulamalarını içermek şeklinde algılamaktadır (Haines ve Crouch, 2007).

ICMI (International Commission on Mathematical Instruction) ve ICTMA (The International Community of Teachers of Mathematical Modelling and Applications) tarafından düzenlenen kongrelerde modelleme çalışmalarını sınıflandırmaya yönelik çabalarının bir sonucu olarak, Kaiser ve Sriraman (2006) tarafından genel amaçlar ve teorik çerçeveler üzerine üç temel perspektif belirlenmiştir;

- i. *Pragmatik perspektif*: Bu yaklaşım matematiği günlük hayattaki pratik problemleri çözmek için kullanarak, pragmatik hedeflere odaklanır.
- ii. *Bilimsel-insani perspektif*: Bu yaklaşım bilim ve insani eğitime vurgu yaparak, öğrencilerin matematik ile gerçeklik arasında bağlantı kurma yeteneğini geliştirmeyi amaçlar.
- iii. *Bütünsel perspektif*: Bu yaklaşım ise; modelleme sürecini bilimsel, matematiksel ve pragmatik amaçları ortak çerçevede tanımlar.

Literatürde matematiksel modellemeyle ilgili dikkat çeken bir sınıflandırma da Berry ve Houston (1995) tarafından ortaya konulan dört temel farklı yaklaşımı içeren sınıflandırmadır. Bu yaklaşımlar, deneysel modelleme, teorik modelleme, boyutsal analiz modelleme ve simülasyon modelleme olarak sıralanabilir.

- i. *Deneysel Modelleme*: Bu modelleme türü, süreç sonucunda grafik veya eşlik oluşturacak şekilde gerçekleştirilir. Deneysel verilerin kullanımıyla problem çözülerek model oluşturulur. Deneysel modelleme, somut verilerin kullanılmasıyla pratik problemleri çözmektedir.
- ii. *Teorik Modelleme*: Süreç sonunda elde edilen formülün teorik temellere dayandırılarak oluşturulan modelleme türüdür. Problem çözme süreci, verilerin yanı sıra teoriye de dayanır.
- iii. *Boyutsal Analiz Modelleme*: Fizik alanındaki boyut kavramına dayanarak elde edilen modellemedir. Mühendislik ve fen bilimleri gibi alanlarda, değişkenlerin uygun bir şekilde gruplandırılmasıyla bu modelleme türü oluşturulur.
- iv. *Simülasyon Modelleme*: Bu modelleme biçimi, eldeki verilerin bilgisayar yardımıyla simüle edilmesiyle oluşturulur. Bilgisayarlar genellikle soyut modelleri oluşturmak ve elde edilemeyen olasılıkları değerlendirmek için kullanılır.

Ayrıca, Kaiser ve Sriraman (2006) tarafından belirtilen diğer yaklaşımlar şu şekildedir:

- i. Gerçekçi veya uygulamalı modelleme yaklaşımı, öğrencilerin problem çözme ve modelleme becerilerini geliştirmeyi amaçlayarak, mühendislik ve diğer disiplinlerden gelen problem durumlarıyla karşılaştırır ve matematik bilgisini farklı bağlamlarda uygulamaya teşvik eder.

- ii. Eğitimsel modelleme yaklaşımı, gerçekçi ve bağlamsal modellemenin bir karışımı olarak, matematik modellemeyi öğrencilere kavramları öğretmek için uygun öğrenme ortamları ve süreçler oluşturmak amacıyla kullanır.
- iii. Epistemolojik veya teorik modelleme yaklaşımı, matematik kavramları ile öğrenciler arasındaki ilişkilere odaklanarak, problem çözme sürecinin her adımına dikkat çeker ve gerçekçi bağlamın önemine daha az vurgu yapar.
- iv. Bilişsel modelleme yaklaşımı, öğrencilerin modelleme süreci sırasındaki bilişsel ve metakognitif düşünce süreçlerini analiz eder ve öğretmenlere öğrencilerin düşünce süreçlerini anlamak ve desteklemek için rehberlik eden bir ortam sunar.
- v. Bağlamsal modelleme yaklaşımı, bilginin deneyim etrafında düzenlendiği felsefesini haklı çıkararak, gerçekçi karmaşık karar verme durumlarını oluşturmak için genellikle birden fazla disiplin, konu veya ana teoriyi birleştirmenin gerekliliğini vurgular.

Galbraith ve Stillman (2006)'a göre, modelleme alanında 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir;

- i. "Genel uygulama yaklaşımı" belirli bir uygulamaya odaklanır. Genellikle öğretmen modeli tanıtır ve öğrenciler modeli kontrol edilmiş bir şekilde kullanır. Bu yaklaşım genellikle ortaokullarda kullanılır ve modelleme sürecinin 4. adımını (hesaplama, eşitsizlikleri çözme vb.) ve 5. adımını (günlük yaşamda gerçek sonuçların yorumlanması ve doğrulanması) içerir.
- ii. "Yapı modelleme yaklaşımı" gerçek yaşam durumlarını kullanır ve modelleme sürecinin 1. adımından (öğrencinin problem durumunu anlaması) 7. adımına (problemin olası çözümlerinin sunulması) kadar tüm aşamaları kapsar. Öğretmen, 3. aşamada kullanılan matematiksel modeli (matematikleştirme süreci) anlamak için önemli bir çaba sarf eder.
- iii. "Açık modelleme yaklaşımı". Bu yaklaşımda öğrenciler, öğretmenin sınırlı yardımıyla verilen problemlerle çalışır, çünkü öğretmen öğrencileri kontrol etmek zorunda değildir. Bu yaklaşım geniş bir şekilde kullanılmamaktadır

Matematiksel modelleme, alternatif bir yaklaşımla *amaç olarak modelleme* ve *araç olarak modelleme* şeklinde ikiye ayrılmıştır (Galbraith, 2012). *Amaç olarak*

modelleme yaklaşımında, odak noktası gerçek yaşam durumlarını modellemek için gerekli beceri ve yeterliliklerin geliştirilmesidir. Buna karşılık, *araç olarak modelleme* yaklaşımı, matematiksel kavramların öğretiminde modellerin kullanılmasını ön plana çıkarır. *Amaç olarak modelleme* bakış açısında, mevcut modeller kullanılarak matematik öğretilirken, aynı zamanda bu modeller yardımıyla gerçek yaşam problemleri çözülerek öğrencilerin modelleme becerilerinin geliştirilmesi hedeflenir. *Araç olarak modelleme* yaklaşımında ise temel amaç, matematiksel kavramların öğretimidir ve bu amaç doğrultusunda matematiksel modelleme yöntemi kullanılır. Bu tür bir modelleme yaklaşımı, gerçek yaşamın ihtiyaçlarından yola çıkarak matematiksel kavramların öğrenilmesine olanak tanır. Böylece, öğrenciler etkinliklere doğal bir şekilde katılır ve süreçte aktif bir rol üstlenir (Dost, 2019).

2.5. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri

Matematiksel Modelleme Etkinlikleri (MME), genellikle gerçek dünyadan alınan bağlamların matematiksel bir dille ifade edildiği problem durumları olarak tanımlanabilir (Dost, 2019). Daha açık bir ifadeyle, MME'ler öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini matematiksel bir biçimde ifade ettiği, bu problemleri çözdüğü, değerlendirdiği ve bu süreçten çıkarımlar yaptığı bir öğrenme süreci olarak ele alınmaktadır (Lesh ve Doerr, 2003).

Matematik eğitimi bağlamında, MME'ler özenle tasarlanmış problemler olarak kabul edilmektedir (Chamberlin ve Moon, 2005). Bu etkinlikler, problem çözme ile yakından ilişkili olup, geleneksel problemlerin yerine rutin olmayan ve daha karmaşık yapıda olan problemlere odaklanır. Kullanılan problemler, genellikle açık uçlu nitelikte olup, tek bir çözüm yolu içermemelidir ve öğrencilerin yaratıcı düşünme süreçlerini teşvik etmelidir (Fox, 2006). Aynı zamanda, bu problemler öğrencilerin ilgisini çekecek şekilde tasarlanmalıdır.

Öğrenciler, bu etkinlikler sırasında gerçekçi, paylaşılabılır ve yeniden kullanılabilir modeller geliştirebilmek için matematiksel düşüncelerini açıklama, test etme, gözden geçirme ve gerektiğinde düzeltme aşamalarından geçmektedirler (Eric, 2008; Doerr ve O'Neill, 2011). MME uygulamalarında, öğrenciler kendilerine sunulan bir durumun gerçek yaşam problemi bağlamında karar verme sürecine katkıda bulunur.

Bu süreçte, öğrencilerin geliştirdiği çözümler, gerçek yaşam durumunu matematiksel olarak anlamalarına katkıda bulunarak düşüncelerini ortaya koymaktadır. Bu nedenle MME'ler, öğrencilerin düşünce süreçlerini açığa çıkaran "düşünce açığa çıkarıcı" etkinlikler olarak da adlandırılır (Chamberlin ve Moon, 2005). Ayrıca, öğrenciler MME'ler üzerinde çalışırken geliştirdikleri tanımlamalar, açıklamalar ve yapılar, gerçek yaşam durumlarını nasıl anladıklarını ve matematiksel bir formata nasıl dönüştürdüklerini ortaya koymaktadır (Lesh ve ark., 2000).

MME'ler bazen problem çözme etkinlikleri olarak adlandırılmalarının yanı sıra, Lesh ve Harel (2003) MME'leri geleneksel sözel problemlerden aşağıdaki biçimde ayırmaktadırlar:

- i. Öğrenciler, anlamlı modeller geliştirmektedirler.
- ii. Geliştirilecek modellerin kimin için ve ne amaçla geliştirileceği açıktır.
- iii. Geliştirilecek modeller, başkalarıyla paylaşılabılır, başka durumlarda yeniden kullanılabilir ve farklı amaçlara uyarlanabilir nitelikte olmalıdır. Dolayısıyla MME'lerde model geliştirme, sosyal bir etkinlik haline gelmektedir.

Lesh ve ark. (2000), MME'lerde bulunması gereken prensipleri şu şekilde sıralamıştır: gerçeklik prensibi, model oluşturma prensibi, öz değerlendirme prensibi, model dokümantasyon prensibi, model genelleme prensibi ve etkili prototip prensibi. Bu prensipler aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır:

2.5.1. Gerçeklik prensibi

Gerçeklik prensibi, öğrencilerin bir durumu kendi bilgi ve deneyimlerine dayanarak anlamlandırmalarını öne çıkaran ve aynı zamanda anlamlılık prensibi olarak da bilinen bir yaklaşımdır (Lesh ve ark., 2000; Chamberlin ve Moon, 2005). Bu prensibin bir Matematiksel Modelleme Etkinliğinde (MME) mevcut olup olmadığını değerlendirmek için en kesin yöntem, "Bu durum, öğrencinin kendi yaşamında karşılaşılabileceği bir senaryo mu?" sorusuna yanıt aramaktır (Lesh ve Caylor, 2007; Lesh ve ark., 2000). Bu bağlamda, öğrenciler için gerçeğin ne anlama geldiği ve hangi durumların onlar için anlamlı olabileceği sorgulanır.

Öğrenciler açısından anlamlı olan bir durumun, yetişkinler için aynı şekilde anlam ifade etmesi beklenmeyebilir (Lesh ve Caylor, 2007). Öğrencilerin yaşları, içinde

bulundukları çevre, ailelerinin sosyo-ekonomik durumları gibi faktörler, onların gerçek yaşamda anlamlandırdıkları durumları çeşitlendirebilir. Dolayısıyla, öğrenciler genellikle kendi yaşam deneyimlerine ve bilgi birikimlerine dayalı durumları daha kolay anlamlandırabilir ve bu durumlar üzerinde mantıklı sonuçlara ulaşabilirler (Lesh ve Caylor, 2007).

Gerçeklik prensibi sayesinde, öğrencilerin problemin içerdiği karmaşık durumu anlamlandırmaları ve bu durumla ilişki kurmaları önemlidir (English, 2009). Problemin, öğrencinin yaşamında gerçekleşebilecek bir durumu içermesi sebebiyle, bu prensibe vurgu yaparak öğrencilerin ilgisini çekmek hedeflenir. Her bir MME' de öğrencilerin gerçek bir müşteri ya da danışana çözüm sunmak amacıyla model geliştirmesi, bu prensibin uygulandığını göstermektedir. Bu yaklaşım, öğrencilerin problemin gerçek bir ihtiyaca dayandığını kabul etmelerini sağlar ve onları çözüm üretme gereksinimi hissetmeye teşvik eder (Chamberlin ve Moon, 2005).

2.5.2. Model oluşturma prensibi

Model oluşturma prensibi MME'de öğrencilerin problem durumuna bir model geliştirmelerini gerekip gerekmediğini belirler ve bu ilke, MOE isminde de açıkça yer alır. Bu prensibin varlığını değerlendirmek için, "Öğrenciler bir model oluşturmak zorunda mı, yoksa sadece başkaları tarafından geliştirilen bir durumu çözmeleri yeterli mi?" gibi sorular sorulabilir (Lesh ve Caylor, 2007).

Bu prensip, gerçek yaşamda karşılaşılan problemleri çözmek için modellerin kullanılması gerektiğini vurgular. Matematiksel modelleme etkinliklerinde, ana hedefin yalnızca problemin çözülmesi veya sonucun bulunması değil, aynı zamanda bu çözüme veya sonuca ulaşabilmek için bir modelin oluşturulması olduğu ifade edilir (Lesh ve ark., 2000).

2.5.3. Öz değerlendirme prensibi

Öz değerlendirme prensibinin bir MME içinde uygulanıp uygulanmadığını belirlemek için, "Problem durumu alternatif çözümlerin değerlendirilmesi için uygun kriterler içeriyor mu?", "Problem durumunun amacı net bir şekilde belirlenmiş mi?", "Öğrenciler geliştirdikleri yanıtları değerlendirmek için uygun araçlara sahip mi?",

"Öğrenciler, problemin çözümünü tamamladıklarını fark edebilecekler mi, yoksa devam etmeleri için öğretmenlerine danışacaklar mı?" gibi soruların yanıtları incelenmelidir (Lesh ve Caylor, 2007).

Bu prensip, öğrencilerin kendi başlarına çözümlerinin uygunluğunu ve etkililiğini değerlendirmeleri gerektiğini vurgular (Chamberlin ve Moon, 2005). MOE uygulamalarında öğrencilerin bir model geliştirmek amacıyla bir müşteri/danışana yardımcı olacaklarının bilincinde olmaları, sürekli olarak kendi performanslarını değerlendirme ihtiyacı hissetmelerini gerektirir. MOE uygulaması boyunca, öğrencilerin çözümlerinin gözden geçirilmesi gerektiğini ve ilerleme kaydetmek için hangi yönde ilerlemeleri gerektiğini değerlendirmeleri, belirlenen amaca ulaşmak için çeşitli alternatif çözümler arasından en uygun olanları seçmeleri beklenir (Lesh ve ark., 2000).

Doerr ve English (2006), öğretmenlerin öğrencilerin çözüm yaklaşımlarını değerlendirme konusunda bilgi vermeden, öğrencilerin kendi öz değerlendirme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olacak öğretim stratejileri bulmalarının önemli olduğunu belirtirler. Lesh ve ark. (2000), MOE'ler için kabul edilebilir çözümlerin bir dizi modelleme döngüsünü içerdiğini ve öğrencilerin gruplar halinde problem çözerken, bu prensibin özellikle önemli olduğuna vurgu yaparlar. Öğrencilerin grup içinde çözümlerini değerlendirirken, düşünme eksikliklerini giderme, alternatif fikirleri karşılaştırma ve en uygunları seçme, güçlü yönleri birleştirme ve zayıf yönleri azaltma, en uygun yorumlamaları düzenleme ve düzeltme, yapılan uyarlamaları değerlendirme adımlarını gerçekleştirdikleri belirtilir (Lesh ve ark., 2000). Lesh ve ark.'nin ifade ettiği bu adımlarda, öz değerlendirme prensibinin her aşamada önemli bir şekilde ortaya çıktığı görülmektedir.

2.5.4. Yapı belgelendirme prensibi

Yapı belgelendirme prensibi, "Öğrencilerin problem durumuna verdikleri yanıtlar, düşünce süreçlerini açık bir şekilde ortaya koymakta mı?" sorusuna cevap vermeyi gerektirir (Lesh ve ark., 2000). Bu prensip, öğrencilerin MME'ler üzerinde çalışırken kendi düşünce süreçlerini çözümlerinde açıkça ortaya koymalarını gerektirir (Chamberlin ve Moon, 2005). Öğrencilerin matematiksel gösterimleri anlamalarını ve iletişim kurmalarını sağlamak amacıyla öğretmenlerin onları cesaretlendirmesi büyük önem taşır (Doerr ve English, 2006). English (2009), öğrencilerin kendi modellerini

oluştururken kullandıkları açıklamaların çözümlerine dahil edilmesi gerektiğini vurgulayarak bu ilkenin önemine dikkat çekmektedir.

MME'lerdeki problem çözme süreçlerinde, öğrencilerin bir müşteri veya danışana yardım etmek için bir model oluşturmaları gerektiği için, bu yardımı sağlarken düşüncelerini detaylı bir şekilde ifade ederek modelin açıklanması önemlidir. Bu prensip, MME'lerin düşünceyi ortaya koyan etkinlikler olarak adlandırılmasının nedenini de açıklar (Chamberlin ve Moon, 2005). MME'ler, öğrencilerin düşünce süreçlerini açıklığa kavuşturmak amacıyla kullanıldığında, bu prensibin varlığı araştırmacılara fayda sağlayabilir (Lesh ve Caylor, 2007). Lesh ve ark. (2000), yapı belgelendirme prensibinin, öğrenci çözümlerinin belgelenmesini içerdiğini belirtir. Bu bağlamda, düşüncelerini net bir şekilde ifade edebilen öğrencilerin, kendi düşünce süreçlerini değerlendirmelerine olanak tanınacağı için, öz değerlendirme prensibi ile bu prensip arasında sıkı bir ilişki olduğu söylenebilir. Ayrıca, öğrencilerin düşünce süreçlerini doğal şekilde yansıtmaları için birlikte çalışmanın bir yöntem olduğu da belirtilmiştir (Lesh ve ark., 2000), bu da MME uygulamalarında birlikte çalışmanın bu prensip aracılığıyla önemini bir kez daha vurgular.

2.5.5. Model genelleme prensibi

Bu prensip, "Oluşturulan model, yalnızca yaratıcısına değil, aynı zamanda başkalarıyla paylaşılabilir, dönüştürülebilir, kolayca uyarlanabilir ve farklı durumlar için yeniden kullanılabilir bir düşünme biçimi sunuyor mu?" sorusuna yanıt aramaktadır (Lesh ve ark., 2000; Lesh ve Caylor, 2007). Bu çerçevede, öğrencilerin yalnızca belirli bir durum ve amaç için değil, aynı zamanda diğerleriyle paylaşılabilen ve farklı amaçlar doğrultusunda tekrar kullanılabilen modeller geliştirmeleri önemli bir nokta oluşturmaktadır (Lesh ve Caylor, 2007). Chamberlin ve Moon (2005), oluşturulan modelin, benzer bir modele ihtiyaç duyan farklı durumlar için genişletilebiliyorsa, çözümün başarılı olarak kabul edileceğini ifade etmektedir.

2.5.6. Etkili prototip prensibi

Etkili prototip prensibi, oluşturulan modelin yapısal olarak benzer diğer durumlar için kullanışlı bir ilk örnek (prototip) olup olmadığını değerlendirir. Ayrıca, problem çözüldükten uzun bir süre sonra bile öğrencilerin önceki problemi

hatırlayabilme yeteneğini sorgular (Lesh ve ark., 2000). Lesh ve Caylor (2007), bu prensibin sağlanıp sağlanmadığını belirlemenin en iyi yolunun, matematiksel modelleme uygulaması üzerinde aylar hatta belki de yıllar geçse dahi öğrencilerin çözümü hatırlayabilmesi olduğunu ifade ederler. Diğer bir yandan, oluşturulan modelin ve çözümün diğer kişiler tarafından anlaşılır olması da kritik bir öneme sahiptir (Chamberlin ve Moon, 2005).

İçerik açısından, etkili prototip prensibi ile model genelleme prensibi arasında benzerlikler bulunmaktadır. Chamberlin ve Moon (2005) tarafından belirtildiği gibi, bu iki prensip arasındaki fark, öğrencilerin oluşturdukları modeli veya çözümü benzer ancak paralel olmayan bir durumda kullanma ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, oluşturulan modelin genellebilir bir içeriğe sahip olmasının model genelleme prensibi ile, zaman geçtikten sonra bile farklı durumlarda söz konusu modelin hatırlanabilir ve kullanılabilir olmasının da etkili prototip prensibi ile ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir.

2.6. İlgili Araştırmalar

İlgili araştırmalar bölümünde matematiksel modelleme ile ilgili tüm araştırmalara yer verilmemiş olup; sadece matematiksel modelleme konusu üzerinde yapılan araştırmaları geniş çerçevede ele alan ve inceleyen meta-analiz, meta-sentez, betimsel içerik analizi, durum çalışması, literatür taraması v.b türü araştırmalar raporlanmıştır.

2.6.1. Yurt içinde yapılan araştırmalar

Aziz (2024) araştırmasında; International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST) dergisinde 2005-2022 yılları arasında yayınlanan matematiksel model ve modelleme makalelerini inceleyerek, bu alandaki eğilimleri ve öne çıkan konuları belirlemeye çalışmıştır. Bu doğrultuda, içerik analizi yöntemlerinden betimsel içerik analizi kullanılmıştır. Çalışmada, Albayrak ve Çiltaş (2017) tarafından geliştirilen *Yayın Sınıflandırma Formu*, revize edilerek veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Derginin arama motoru aracılığıyla "matematiksel modelleme" ve "matematiksel model" terimlerine dayalı olarak seçilen kırk dört çalışma incelenmiştir.

Analizler, matematiksel modelleme türleri, genel kullanımı, araştırma yöntemleri, örneklem grupları ve büyüklükleri, veri analiz yöntemleri gibi kategorilere göre yapılmış ve bulgular, frekans, yüzde gibi betimsel istatistik teknikleri kullanılarak sunulmuştur. Araştırmanın bulguları, öğretmenler ve lisans öğrencileri üzerinde yapılan çalışmalara daha fazla vurgu yapıldığını, araştırmacılar tarafından tercih edilen örneklem büyüklüğünün genellikle 11-30 aralığında olduğunu göstermektedir. Ayrıca, araştırmaların çoğunlukla nitel araştırma modellerinde olduğu, araştırma deseni olarak ağırlıklı durum çalışması kullanıldığı belirlenmiştir. Veri analizi yöntemi olarak ise nitel betimsel analiz tekniğinin tercih edildiği ve nicel tekniklerin kullanımının sınırlı olduğu görülmüştür. Gelecekteki çalışmalarda daha çeşitli örneklem gruplarına ve örneklem büyüklüklerine odaklanılması, farklı araştırma desenlerinin kullanılması, nitel ve nicel analiz tekniklerinin dengeli bir şekilde uygulanması önerilmektedir.

Ünlü, (2023) araştırmasında; matematiksel modellemenin öğretim üzerindeki etkilerini meta-analiz yöntemiyle değerlendirmiştir. Yüksek Öğretim Kurumu Başkanlığı (YÖK) Ulusal Tez Merkezi, ULAKBİM- DergiPark, ProQuest Dissertations ve Theses, Web of Science (WOS), Scopus ve ERIC veri tabanları ile Google Akademik arama motoru kullanılarak matematiksel modelleme, başarı ve tutum anahtar kelimeleriyle yapılmış 45 matematik başarısı çalışması ve 19 matematik tutumu çalışması ele alınmıştır. Yapılan meta-analiz sonuçlarına göre, matematiksel modellemenin öğretimde matematik başarısı üzerinde yüksek bir etkisi olduğu belirlenmiştir (ortalama etki büyüklüğü: 0,845). Matematiksel modellemenin matematik tutumu üzerindeki etkisi ise orta düzeydedir (ortalama etki büyüklüğü: 0,420). Bulgular, yayın yılı, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğrenme alanı/konu ve örneklem büyüklüğü gibi faktörlere bağlı olarak matematiksel modellemenin başarı üzerindeki etkisinin değişebileceğini göstermektedir. Yayın yanlılığının olmadığı ve çalışmalar arasında heterojenliğin olduğu belirlenmiş, araştırma sonuçlarına dayanarak matematiksel modellemenin öğretimde kullanımına yönelik uygulayıcılara ve araştırmacılara çeşitli öneriler sunulmuştur.

Uysal ve Kanadlı (2022) araştırmalarında; matematiksel modelleme dayalı öğretimin öğrencilerin matematik ve fen eğitiminde akademik başarılarına etkisini meta-analiz yoluyla belirlemişlerdir. Çalışmada ulusal ve uluslararası literatürde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar meta-analize dahil edilmiştir. Literatür taraması

sonucunda 23 çalışma belirlenmiştir. Etki büyüklükleri, rastgele etkiler modeline göre birleştirilmiştir. Meta-analiz sonucunda, akademik başarı için genel etki büyüklüğü 0.976 olarak hesaplanmış ve %95 güven aralığı [0.742, 1.205] olarak bulunmuştur. Matematiksel modelleme uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları üzerinde "geniş" bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Moderatör analiz sonuçlarına göre, etki büyüklüklerinin eğitim düzeyine ve ders türüne göre önemli ölçüde farklılık gösterdiği, ancak araştırma yöntemi, araştırma deseni ve istatistiksel test türüne göre anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Ayrıca sınıf büyüklüğü ve deneysel prosedürün süresinin etki büyüklükleri için anlamlı birer öngörücü olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, matematiksel modelleme temelli öğretimin, fen ve matematik eğitiminde öğrencilerin akademik başarılarını artırmak için etkili bir yöntem olabileceği söylenebilir.

Eryiğit (2022) çalışmasında, Türkiye'de ilköğretim matematik eğitimi alanında yapılan matematiksel modellemeyle ilgili lisansüstü tezleri incelemiştir. Yüksek Öğretim Kurulu (YÖK) Tez Merkezi'nde 2000-2020 yılları arasında yayınlanan ve tam metinlere erişilebilen 45 yüksek lisans ve 16 doktora tezi araştırmaya dahil edilmiştir. Veri toplama aracı olarak sınıflandırma formu kullanılmış ve uzman görüşleriyle geliştirilmiştir. Çalışma, genel eğilimleri, bulguların dağılımını, model oluşturma etkinliklerinin sınıf düzeyleri ve öğrenme alanlarına göre sınıflandırılmasını içeren bir içerik analizi ve doküman analizi yöntemini kullanmıştır. Araştırma sonuçları; matematik eğitiminde model oluşturma etkinliklerinin daha fazla yer alması gerektiğini göstermektedir. Matematiksel modellemenin dersi keyifli ve eğlenceli hale getirdiği, üst düzey bilişsel becerileri geliştirdiği, akademik başarı ve tutumu olumlu yönde etkilediği, kavramların daha anlamlı bir şekilde öğrenildiği, günlük hayatla ilişkilendirme kolaylığı sağladığı ve işbirlikli öğrenme ortamı oluşturduğu gibi olumlu sonuçlar ortaya koymaktadır. Ancak, bazı olumsuz sonuçlar arasında problemlerin uzun ve karmaşık olması nedeniyle zor ve zaman alıcı bir uygulama olması bulgusu da tespit edilmiştir. Araştırma, incelenen 307 model oluşturma etkinliğini, içerdikleri kazanımlar ve öğrenme alanlarına göre sınıf düzeylerine göre gruplandırarak tablo halinde sunulmuştur.

Uysal (2021) araştırmasında; matematiksel modelleme uygulamalarına dayalı öğrenmenin, programda öngörülen geleneksel öğrenme yöntemine kıyasla öğrencilerin

akademik başarısı, matematik dersine yönelik tutumu ve matematiksel modelleme yeterliklerine olan etkisini meta-analiz yöntemiyle incelemiştir. Bu kapsamda, ulusal ve uluslararası alan yazında yapılmış yarı deneysel ve zayıf deneysel araştırmalara odaklanılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre, matematiksel modelleme uygulamalarına dayalı öğrenmenin akademik başarı üzerinde "geniş", matematik dersine yönelik tutum üzerinde "orta" ve matematiksel modelleme yeterlikleri üzerinde ise "olağanüstü" düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, matematik öğretiminde matematiksel modelleme uygulamalarının öğrencilerin başarı düzeyini, derslere karşı tutumlarını ve matematiksel modelleme becerilerini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Çalışma, matematiksel modelleme uygulamalarının öğretim süreçlerine entegre edilmesinin, öğrencilerin matematikle ilgili alanlardaki başarılarını ve yeterliklerini artırabileceğini öne sürmektedir. Bu doğrultuda, matematik öğretmenlerine, matematiksel modelleme tabanlı öğretim yöntemlerini derslerinde kullanmaları konusunda öneride bulunmaktadır.

Koç (2020) tarafından gerçekleştirilen araştırmada; Türkiye'de matematik eğitimi alanında son yirmi yılda tamamlanan 70 modelleme tezi üzerinde odaklanılmıştır. Yüksek lisans ve doktora düzeyindeki tezlerler, türleri, tamamlanma yılları, üniversiteler, araştırma yöntemleri, katılımcılar ve modelleme etkinlikleri açısından detaylı bir incelemeye tabi tutulmuştur. Araştırmanın sonuçlarına göre bu tezlerin çoğunlukla yüksek lisans düzeyinde yoğunlaştığını, modelleme çalışmalarının 2005'ten itibaren arttığını ve 24 farklı üniversitenin bu alanda çalışmaya katkı sağladığını göstermektedir. Nitel araştırma yöntemleri ağırlıklı kullanılmış, modelleme etkinlikleri genellikle 3 ile 6 arasında değişmiştir.

Yenilmez ve Yıldız (2019) araştırmalarında; matematiksel modelleme ile ilgili lisansüstü tezleri tematik içerik analizi modeli kullanarak incelemişlerdir. Araştırma, 2000-2017 yılları arasında matematiksel modelleme alanında hazırlanan 48 tezi içermektedir. Elde edilen sonuçlara göre, matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin genellikle matematik öğretmenliği ve ilköğretim matematik öğretmenliği alanlarında yapıldığı ve bu konunun ülkede 2005 yılından sonra ilgi görmeye başladığı belirlenmiştir. Çalışmalarda özellikle ortaokul öğrencileri ve öğretmen adayları üzerinde yoğunlaşıldığı, nitel ve karma yöntemlerin çoğunlukla tercih edildiği tespit edilmiştir. Çalışmalarda durum çalışması ve deneysel desenlerin sıkça kullanıldığı, veri analizi için

ise içerik analizi ve betimsel analizin tercih edildiği gözlemlenmiştir. Verilerin genellikle görüşmeler, video/ses kayıtları ve testler aracılığıyla toplandığı belirlenmiştir. Tezlerde genel olarak problem çözme ve modelleme ile ilgili görüşlerin tespit edilmesi konularında çalışıldığı ifade edilmiştir.

Albayrak (2017) araştırmasında; Türkiye'de matematik eğitimi alanında yapılan matematiksel modelleme araştırmalarının eğilimlerini belirlemeyi ve bu bağlamda ilgili alana öneriler sunmayı amaçlamıştır. Araştırma kapsamında 24 ulusal dergide yayınlanan 38 makale ve 14 farklı üniversitede gerçekleştirilen 28 tez incelenmiştir. Araştırmanın bulgularına göre, Türkiye'de matematiksel modelleme ile ilgili çalışmaların on yıldan fazla bir süredir devam ettiği ve artış gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle yüksek lisans düzeyindeki tezlerin bu alana yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Matematiksel modellemeye yönelik araştırmaların genellikle öğretmen eğitimi ve öğrenme ortamlarında kullanımı üzerine odaklandığı, ancak ölçme araçları ve program geliştirme çalışmalarına daha az yer verildiği görülmüştür. Araştırmada incelenen matematiksel modelleme araştırmalarının genellikle karma matematiksel modelleme üzerine odaklandığı, belirli konu ve kavramlar yerine farklı matematiksel konuların kullanıldığı tespit edilmiştir. Matematik eğitimcilerinin sıklıkla kullandığı araştırma yöntemlerinin çoğunlukla nitel çalışmalar olduğu, durum çalışmasının ise en sık kullanılan desen olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmanın elde ettiği bulguların, matematiksel modelleme alanındaki güçlü ve zayıf yönleri anlamada, gelecek çalışmalara rehberlik etmede ve matematiksel modelleme üzerine araştırma yapan akademisyenlere kılavuzluk etmede faydalı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca örneklem olarak genellikle lisans öğrencilerinin tercih edilmesi, nedeniyle daha geniş ve çeşitli örneklem gruplarına odaklanmanın önemi vurgulanmıştır.

Aztekin ve Şener (2015) araştırmalarında; Türkiye'de yapılan matematik eğitimi alanındaki matematiksel modelleme araştırmalarını betimsel içerik analizi ve meta sentez yöntemleriyle inceleyerek sistematik bir özet sunmuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre, Türkiye'deki matematiksel modelleme çalışmalarının kapsam ve çeşitlilik açısından yeterli düzeye ulaşmadığı belirlenmiştir. Çoğunlukla durum çalışması yönteminin kullanıldığı nitel araştırmaların öne çıktığı görülmüştür. Matematiksel modelleme, bu çalışmalarda bir araç olarak ele alınmakta ve genellikle pedagojik hedeflere odaklanılmaktadır. Modellemenin genellikle etkinliklerle, eğitimsel veya

bağlamsal bir yaklaşımla uygulandığı ortaya çıkmıştır. Araştırmacılar, matematiksel modelleme çalışmalarından daha fazla yararlanılabilmesi için daha fazla deneysel araştırma yapılmasını, ortaokul ve lise öğrencileri ile yapılan araştırmaların sayısının artırılmasını ve matematiksel modellemenin araştırmalarda nasıl uygulandığının detaylı olarak açıklanmasını önermişlerdir.

2.6.2. Yurt dışında yapılan araştırmalar

Hidayat ve ark. (2022) araştırmalarında; matematik eğitimi bağlamında matematiksel modellemenin değerlendirilmesine dair 2017 ve 2022 yılları arasında yayımlanan literatürün sistematik bir incelemesi yapılmıştır. Araştırma, dünya genelinden bilgileri derleyerek matematik öğretmen adayları veya matematik öğretmenleri için matematiksel modellemenin değerlendirilmesine dair bir genel bakış sunmayı amaçlamıştır. Joklitschke ve ark. (2021) tarafından kullanılan yaklaşım temelinde; sistemik literatür incelemesinin (SLR) 10 adımda yürütülmüştür. Web of Science (WoS), Scopus ve 1-10 sıralamasına sahip matematik eğitimi dergilerine erişilmiştir. İngilizce olarak yayımlanan 18 hakemli makalenin tam metin analizi temelinde, çoğu araştırmanın öğretmen adayları üzerinde gerçekleştirildiği ve bu çalışmaların çoğunlukla Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya'da yapıldığı görülmüştür. Ayrıca, gelecekteki eğilimler ve fırsatlar da incelenmiştir. Araştırma sonuçlarında modelleme yeterliliğini ölçmek için çoğunlukla proje, bilişsel boyut, bütünsel yaklaşım olduğu ve testlerin kullanıldığı ve daha çok nitel bir yaklaşımla araştırmaların gerçekleştirildiği belirtilmiştir.

Cevikbas, Kaiser ve Schukajlow (2022) araştırmalarında; matematiksel modelleme yetkinlikleri üzerine son yirmi yılda yayınlanan literatürün sistematik bir incelemesini yapmışlardır. Geniş veri tabanlarında dizine eklenmiş ve İngilizce olarak yayımlanmış 75 hakemli çalışmanın üzerinde analiz yapılmıştır. Sonuçlara göre, modelleme yetkinliklerini ölçme yöntemlerinin farklı ölçme araçlarının kullanıldığı fakat çoğunluğunun standart olmayan testlere yoğunlaştığı görülmüştür. Modelleme yetkinliklerini geliştirmek için tasarlanan ve sunulan stratejiler konusunda ise, çoğu makale modelleme dersleri için eğitim stratejilerini rapor etmişlerdir. Genel olarak, mevcut literatür incelemesi, matematiksel modelleme yetkinliklerini kavramlaştırmak için daha fazla teorik çalışma yapma ihtiyacını vurgularken, geliştirilmiş ampirik

yaklaşımların ve bu yaklaşımların çeşitli eğitim seviyelerinde uygulanmasının zenginliğini ortaya koymuştur.

Gutiérrez ve Gallegos (2019) araştırmalarında; eğitimde matematiksel modelleme konusunda literatür taraması yapmışlardır. Analiz, en yüksek yayın sayısına sahip yazarlar, en çok alıntılanan makaleler, en çok yayın yapan dergiler ve incelenen çalışmalardaki katılımcı demografileri hakkındaki bilgileri içermektedir. Araştırma makaleleri, matematiksel modelleme konusundaki teorik bakış açılarına ve matematik eğitimindeki amaçlarına dayalı olarak sınıflandırılmıştır. Toplam 70 makalenin analizi sonucunda, çalışmaların %50'sinin matematik eğitiminde teorik bir bakış açısını benimsediği ve %46'sının matematiği öğretme aracı olarak modellemeyi kullandığı, kalan %4'ünün ise modellemeyi birincil odak olarak ele aldığı gözlemlenmiştir.

Schukajlow, Kaiser ve Stillman (2018) araştırmalarında; alandaki ampirik çalışmaların güncel durumunu inceleyen bir derleme sunmuşlardır. Araştırmada bazı matematik eğitimi dergileri ve konferans bildiri kitapları analiz edilmiştir. Literatür taraması, nicel araştırma yöntemleri kullanan veya duygusal konulara odaklanan çalışmalara kıyasla durum çalışması yaklaşımlarının ve bilişsel odaklı çalışmaların baskın olduğunu ortaya koymaktadır.

Sokolowski (2015) araştırmasında; matematiksel modelleme uygulamalarının lise ve üniversite düzeyindeki öğrencilerin matematik bilgi edinmelerini destekleme üzerindeki etkilerini inceleyen meta-analiz araştırması yapmışlardır. Çalışma, 1 Ocak 2000 ile 27 Şubat 2013 tarihleri arasında yayınlanmış deneysel çalışmaları kapsamaktadır. Bu yöntemle öğrenci başarısının bireysel etki büyüklükleri çıkarılarak bir moderatör analizi gerçekleştirilmiştir. 13 ana araştırma makalesinin bulunduğu ve 1,670 katılımcıyı içeren sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Ortalama etki büyüklüğü; $ES = 0.69$ ($SE = 0.05$, %95 CI: 0.59–0.79) olarak bulunmuş olup, orta düzeyde ve olumlu yönde bir etki olduğunu desteklemektedir. Ardından yapılan moderatör analizi, farklı modelleme tasarımları, modelleme sürecinin amaçları, sınıf düzeyleri ve içerik alanlarına göre etki büyüklüklerinde farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur.

Frejd (2012) araştırmalarında; matematiksel modellemenin değerlendirilmesini inceleyen literatürü eleştirel bir yaklaşımla değerlendirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre; inceleme yapılan makalelerde açıklanan yazılı testler, modelleme yetkinliklerine

atomistik bir bakış açısına dayanırken, daha bütünsel yaklaşımları benimseyen çalışmalar nadirdir. Matematiksel modellerle çalışmanın kalitesini değerlendirmek için matematik modellerinin kalitesi hakkında daha detaylı bir bakış açısına ihtiyaç duyulduğu görünmektedir.



3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde araştırmanın modeli, çalışmanın örnekleme ve veri tabanları, kullanılan veri toplama aracına, verilerin toplanma süreci ve veri analizi tekniklerine yer verilmiştir.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, nitel yöntemlerle tasarlanmıştır. Nitel araştırmalar, tam bilgi sahibi olunmayan ya da nicel ölçümlerle değerlendirmenin güç olduğu durumlarda, yeni bilgiler edinmek veya mevcut bilgilere farklı bakış açıları katmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Strauss ve Corbin, 2007). Araştırmanın amacı kapsamında 2013-2023 (Ekim ayı) yıllarını kapsayan matematik eğitimi ve öğretimi alanında Türkçe ve İngilizce olarak, YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde ve ProQuest veri tabanında yayınlanan yüksek lisans ve doktora tezlerinden; matematiksel modellemeyi konu edinen tezler incelenmiştir. Bu nedenle araştırma modeli olarak nitel araştırma türlerinden durum çalışması kullanılmıştır. McMillan'a (2000) göre, durum çalışması, belirli bir olayın, çevrenin, programın, sosyal grubun veya bağlantılı sistemlerin derinlemesine incelendiği bir yöntemdir. Durum çalışması, sınırlı bir sistem üzerinde derinlemesine bir analiz ve tanımlama sürecini ifade etmektedir (Merriam, 2009). Yin (2009) ise durum çalışmasını, 'güncel bir olay ya da olguyu kendi ortamında araştıran bir model' olarak tanımlamaktadır. Araştırma; mevcut literatürdeki farklı araştırmaların analizini ve araştırma konusu ile ilgili genel bir perspektif sunma amacı taşımaktadır. Bu bağlamda araştırmada durum çalışması şu şekilde işe koşulmuştur (Cohen ve ark., 2005; Büyüköztürk ve ark., 2008; Yıldırım ve Şimşek, 2008):

- (i) *Araştırma Sorularının Geliştirilmesi:* Araştırma soruları, araştırmacının hangi verilerin toplanması gerektiğini ve analiz stratejilerinin nasıl uygulanacağını belirlemesine olanak tanır.
- (ii) *Veri Toplama ve Seçimi:* Durum çalışmasında, ele alınan durumu inceleyen ve amaca uygun araştırmaların seçilmesi önem taşımaktadır. Bu seçim, belirli kriterlere (örneğin, veri tabanları, farklı araştırma türleri, belirli yayın tarihleri, örneklem grubu ve konu sınırlamaları gibi) dayandırılmalıdır. Seçilen çalışmalardan elde edilen veriler bir araya getirilir ve analiz için hazırlanır.

- (iii) *Veri Analizi*: Seçilen çalışmaların, uygun analiz yöntemleriyle raporlaştırılmasıdır. Bu aşamada, araştırma soruları doğrultusunda gerçekleştirilen analizler, uygun tablo ve grafiklerle sunulur ve raporlanır.
- (iv) *Sonuçların Yorumlanması*: Durum çalışmasının bulguları, ele alınan durum hakkında genel bir çerçevenin çizildiği, bakış açısının geliştirildiği ve sınırlı bir sistem üzerinde derinlemesine analizlerin yapıldığı çalışmalardır. Araştırmacılar, bu bulguları yorumlayarak genel bir değerlendirme sunar.

3.2. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

3.2.1. Veri tabanları

Araştırmanın çalışma evreni matematik eğitimi/öğretimi alanında yürütülen ve matematiksel modellemeyi konu edinen tezlerdir. Araştırmada veri tabanları açısından örnekleme gidilmiş öncelikle *YÖK Ulusal Tez Merkezi* ile *ProQuest Dissertations ve Theses* veri tabanları ile sınırlandırılmıştır.

ProQuest Dissertations ve Theses dünya çapındaki akademik kurumlara ait yüksek lisans ve doktora çalışmalarına erişim sağlayan kapsamlı bir veri tabanıdır. 17. yüzyıla kadar uzanan kayıtlarla hem tarihsel olarak önemli olup hem de modern araştırmalara erişim sağlamaktadır. Bu veri tabanı, özellikle ABD ve Kanada'daki kurumlarda yapılan tezleri kapsamaktadır, ancak dünya genelinde de geniş bir yelpazeye sahiptir. Bazı kayıtlar sadece özet veya atıf içermekte, ancak tam metin versiyonlarına kütüphane hizmetleri aracılığıyla veya doğrudan satın alarak ulaşılabilmektedir. Kullanıcılar anahtar kelime, yazar, kurum, konu veya tarih gibi kriterlere göre arama yapabilmektedir. Gelişmiş arama seçenekleri, doküman türü veya dil gibi filtrelerle daha spesifik sorgulamalar yapılmasına olanak tanımaktadır (Anonymous, 2024).

YÖK Ulusal Tez Merkezi, Türkiye'deki lisansüstü eğitim alanında yapılan tezlerin (yüksek lisans, doktora, tıpta uzmanlık ve sanatta yeterlilik) dijital ortamda arşivlendiği ve erişime sunulduğu bir veritabanıdır. 1987 yılında kurulmuş olup, Türkiye'deki üniversitelerde yapılmış akademik çalışmaları derleyerek araştırmacıların kullanımına sunmaktadır. Veri tabanı, lisansüstü tezlerin toplandığı en kapsamlı kaynaklardan biri olup, 2006 yılından itibaren dijitalleşme süreci hızlanmış ve birçok tez dijital ortamda erişilebilir hale gelmiştir (Anonim, 2024).

Araştırma sürecine dâhil edilerek örnekleme oluşturan yayınlar; 2013-2023 (Ekim ayı) yıllarını kapsayan, matematik eğitimi/öğretimi alanında Türkçe ve İngilizce olarak, *YÖK Tez Merkezi*'nde ve *ProQuest Dissertations ve Theses* veri tabanında yayınlanan, tam metnine ulaşılabilen (erişime açık) yüksek lisans ile doktora tezlerinden; matematiksel modellemeyi konu edinen tezler olarak belirlenmiştir. *YÖK Tez Merkezi*'nde 144 ve *ProQuest Dissertations ve Theses* veri tabanında 53 olmak üzere 197 tez (Bknz. Şekil 3.1.) araştırmaya dahil edilmiştir. Bu tezler toplamda 10.871 katılımcıyı ve 654 araştırmayı kapsamaktadır.

3.2.2. Tarama stratejisi ve dâhil etme/çıkarma kriterleri

3.2.2.1. YÖK Tez veri tabanında yapılan taramalar

- (i) Veri tabanında tarama işlemi 29.10.2023 tarihinde yapılmıştır.
- (ii) İlk tarama yöntemi olarak “*gelişmiş taramada*” özelliği kullanılarak veri tabanında anahtar kelime “*matematik*” ve “*model*”, arama tipi “*içinde geçsin*”, yıl “*2013-2023*” yılları başlıklarda ve özetle taranmıştır. Bu tarama sonucunda 654 sonuç çıkmıştır. Bu dosya *Excell*'e aktarılmış, ilgisiz başlıklar elenmiş ve kalan başlıklar “*Araştırma amacına uygun olanlar*” şeklinde “*Karar*” bölümüne yazılmıştır. Kalan 137 araştırma ile ilk veri havuzu oluşturulmuştur.
- (iii) Ayrıca ikinci tarama yöntemi olarak “*Detaylı Tarama*” özelliği kullanılarak “*Matematiksel Modelleme*” ile “*Matematiksel Model*” kelimeleri yazılmış, 843 araştırma listelenmiştir. 2013-2023 sınırlandırması ile 578 çalışma listede kalmış ve bu liste üzerinde farklı disiplinlerde tezler belirlenmiştir. Bu aşamada renk kodlamasına gidilmiş ve çıkarılması gereken tezler kırmızı renkle belirtilmiş, özet taramasına gerek duyulanlar tezler sarı renkle işaretlenmiştir. Yapılan detaylı başlık ve özet okuması ile yapılan eleme sonucu kalan tezler için ayrı bir dosya oluşturulmuş. Bu tezler *Excell* dosyasına aktarılmıştır. Kalan 139 çalışma ile veri havuzu oluşturulmuştur.
- (iv) Birinci ve ikinci yöntemlerde elde edilen tüm tezler tez numaraları baz alınarak küçükten büyüğe sıralanıp karşılaştırılmış ve “*Karşılaştırma*” dosyasında her iki yöntemin de eksik olan tezleri tamamlanarak ve çakışmalar elenerek, toplamda 144 tez Mendeley programına tam metin olarak aktarılmış analize hazır hale getirilmiştir.

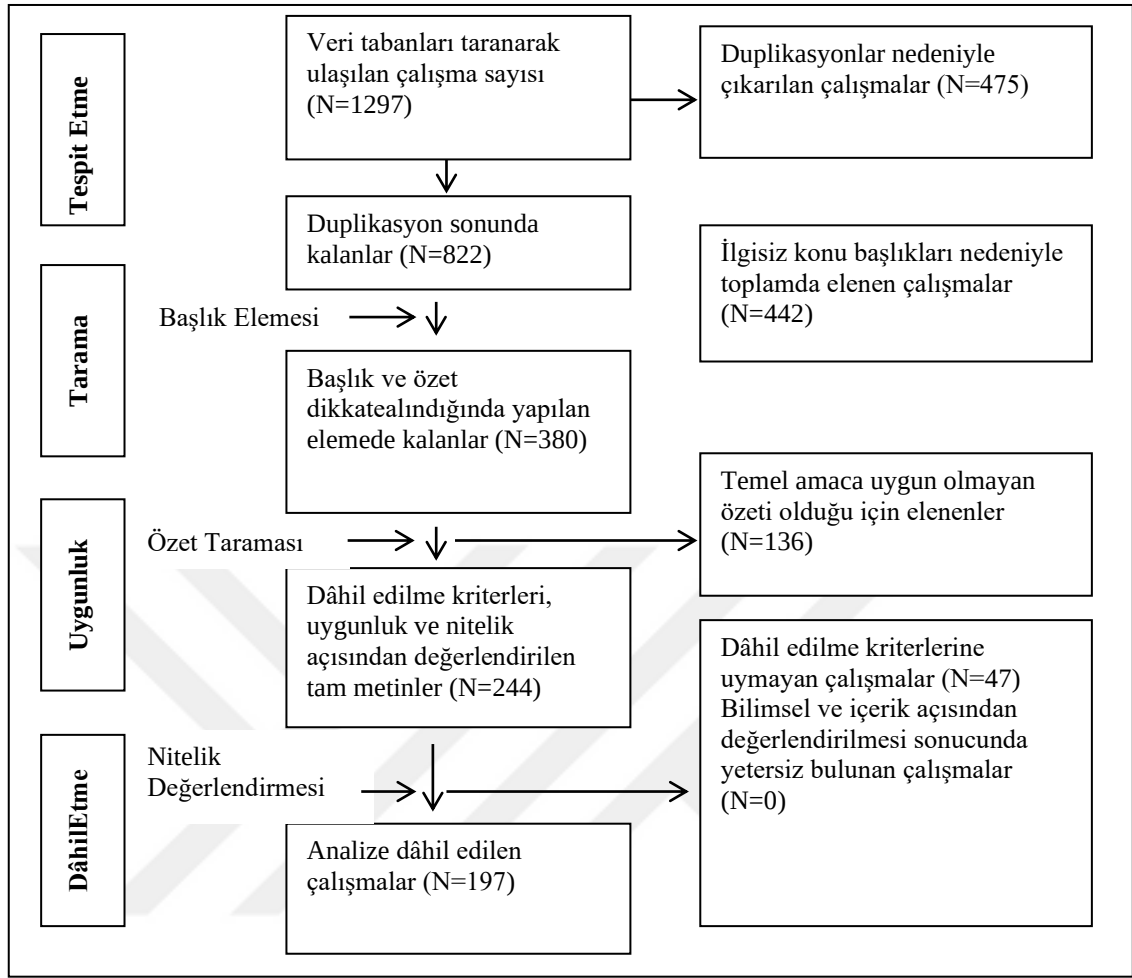
3.2.2.2. ProQuest Dissertations ve Theses veri tabanında yapılan taramalar

- (i) Veri tabanında tarama işlemi 29.10.2023 tarihinde yapılmıştır.
- (ii) Tarama yapılırken anahtar sözcüklerin farklı kombinasyonları ve Boolean operatörleri kullanılmıştır. Yapılan incelemede yurt dışı yayınların bazılarında “*modeling*” kelimesinin “*modelling*” biçiminde de kullanımı nedeniyle ProQuest Dissertations ve Theses veri tabanında tarama yapılırken “*mathematical modeling*” anahtar sözcükleri *math* model** biçiminde kodlanmıştır.
- (iii) ProQuest Dissertations ve Theses veri tabanında mathematical modeling anahtar kelimesi ile farklı kombinasyonlar kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının tarama kısmına belirtilen anahtar kelime, “*tezlerin başlığı*” ve “*özetleri*” ni kapsayacak biçimde TI, AB (“*mathematical model**”) şeklinde yazılmıştır. İstenilen taramanın kısaltma karakteri (*) içermesinden dolayı veri tabanı taramayı TI, AB (“*mathematical model*” OR “*mathematical modeling*” OR “*mathematical modelling*” OR “*mathematical models*”)) olarak önermiş ve bu önerilerin “*tümünü içersin*” konutu ile tarama gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar yıl aralığı 2013-2023, konu “*mathematics education*”, yayın dili *Türkçe* ve *İngilizce* olarak filtrelenmiştir. Tarama sonucunda 65 tez listelenmiştir. Bu liste tam metin filtresi de eklenince 60 teze inmiştir. Türkçe olan ve YÖK Tez taramasında incelemeye dahil edilen 5 tez listeden çıkarılmıştır. Bu durumda oluşturulan ve başlık incelemesinde farklı disiplinlerle ilişkili olduğu anlaşılan 2 tam metin bu aşamada listeden çıkarılmıştır. Son olarak 53 tezi kapsayan .ris uzantılı dosya Mendeley programına tanıtılmış, ve veri toplama sürecine hazırlanmıştır.

Tezlerin araştırma kapsamına dahil edilmeme nedenleri:

- (i) İlgili veri tabanlarında bulunmaması
- (ii) Tam metninin ulaşma açık olmaması
- (iii) Rapor vb. olmak üzere belirlenen türde bilimsel bir araştırma olmaması
- (iv) Matematiksel modelleme konusunu kapsamaması
- (v) Matematik eğitimi/öğretimi alanında yapılmamış olması.

Araştırmaya dahil edilen çalışmalara yönelik PRISMA diyagramı Şekil 3.1.’de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Analize dâhil edilen çalışmaların akış diyagramı

Şekil 3,1’de PRISMA diyagramında görüldüğü üzere analize uygun olan araştırmaları belirlemek için, ilk olarak matematiksek modellemeye yönelik bütün araştırmalar ilgili veri tabanlarında taratılmıştır. İlk çalışma havuzunda 1297 tez yer almıştır. İncelenen araştırmalardan dublikasyon/çakışma durumunda olan 475 araştırma kapsam dışı bırakılmıştır. İkinci aşamada, kalan 822 araştırma derinlemesine incelenerek, bu araştırmaların 442’si ilgisiz konu başlığı nedeniyle çalışma için uygun olmadığı gerekçesiyle havuzdan çıkarılmıştır. Başlık ve özet elemesi sonucunda elde kalan 380 araştırma tekrar detaylı incelemeye tabii tutularak 136 tez amaca uygun olmadığı için çıkarılmıştır. 47 araştırma dâhil edilme kriterlerine uygun olmadığı (farklı disiplinlerde gerçekleştirilmesi vb.) gerekçesiyle analiz dışı bırakılmıştır. Son olarak kalan 197 araştırma amaca uygun olduğu için değerlendirilmek amacıyla *Mendeley* Programına aktarılmıştır.

3.3. Veri Toplama Aracı

Araştırmada Ek 1’de sunulan *Tez Değerlendirme Formu* kullanılarak her bir araştırmaya numara verilmiş ve ilgili bilgiler tezlerden çekilmiştir.

Araştırmada; orijinali Albayrak ve Çiltaş (2017) tarafından geliştirilen ve Eryiğit (2022) tarafından matematiksel modelleme tezleri açısından tasnif edilen sınıflandırma formunun, araştırma amacı ve alt amaçlar kapsamında tekrar düzenlenmesi ile oluşan *Tez Değerlendirme Formu* kullanılmıştır. Eryiğit (2022)’in sınıflandırma formunda yer alan “*modelleme problemlerinin hazırlanış biçimi*”, “*uygulama süresi*” ve “*matematiksel modellemenin kategorileştirilmesi*” bölümleri araştırmanın amaçları bağlamında çıkarılmış ve uzman görüşü doğrultusunda “*veri tabanı*”, “*yayın dili*”, “*tezin yürütüldüğü ülke*”, “*tez danışman bilgileri*”, “*araştırmanın yürütüldüğü üniversite*”, “*anahtar kelimeler*”, “*kullanılan teknoloji türü*”, “*modelleme etkinlik sayısı*” ve “*tezin önerileri*” bölümleri eklenmiştir.

Her bir tez için kullanılan bu formun son şeklinde tezlere ait; “*tez künyesi*”, “*ülke*”, “*yayın dili*”, “*danışman*”, “*anahtar kelimeler*”, “*matematiksel modelleme konusu*”, “*öğrenme alanı*”, “*araştırma yöntemi*”, “*araştırma modeli*”, “*araştırma deseni*”, “*veri toplama aracı*”, “*veri toplama araç türü*”, “*veri analizi türü*”, “*veri analiz yöntemi*”, “*örneklem sayısı*”, “*örneklem türü*”, “*örneklem grubu kademesi*”, “*incelenen sınıf bilgisi*”, “*kullanılan teknoloji türü*”, “*modelleme etkinlik sayısı*”, “*araştırmanın sonuçları*” ve “*araştırmanın önerileri*” bilgileri tezlerden çekilmiştir.

3.4. Verilerin Analizi

Elde edilen verilerin analizinde nitel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Tezler, ilgili alanda bilgi edinmeyi sağlayan değerli kaynaklar olduğu için nitel araştırmalarda araştırmacıların sıklıkla bu yazılı materyaller üzerinde çalıştığı bilinmektedir (Wallen ve Fraenkel, 2000). Cohen, Manion ve Morrison (2007)’a göre dokümanlar; dergiler, teknik dokümanlar, saha notları, günlükler, biyografiler ve otobiyografiler, resmi kayıtlar, bildiriler, raporlar ya da istatistikler, birincil veya ikincil kaynaklar, tarihi olaylar veya kronolojiler, fotoğraflar, projeler, kitaplar, tezler, planlar, mektuplar, makaleler gibi çeşitli materyaller olabilir. Bu bağlamda araştırmada doküman analizi yöntemi kullanılmıştır.

Araştırmada verilerin analizi birkaç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

- (i) Çalışma grubunda yer alan tezler veri tabanlarından temin edilmiş, *Mendeley* programına bilgisayar ortamında aktarılmıştır.
- (ii) İkinci aşamada, *Mendeley Reference Manager* programına aktarılmış çalışmaların kod numarası sırasına göre çözümlemeleri, araştırma kapsamında geliştirilen *Tez Değerlendirme Formu* kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
- (iii) Labuschagne'nin (2003) belirttiği üzere, doküman analizlerinde genellikle içerik analizi tercih edilmekte ve dokümanlardaki bilgiler kategorize edilerek sınıflandırılmaktadır. Bu araştırmada da veri analizi için temel yöntem olarak içerik analizi kullanılmıştır. İçerik analizi, bir metindeki belirli kelimeleri sistematik bir şekilde düzenleyerek kategorilere ayırma veya kodlama işlemi olarak tanımlanır (Cohen ve ark., 2000; Büyüköztürk ve ark., 2019). Ayrıca, Dinçer (2018), içerik analizinin, özellikle doküman incelemeleri yoluyla belirli kategoriler ile frekans tespitinde yaygın olarak kullanıldığını vurgulamaktadır. Bu bağlamda veriler içerik analiz türlerinden kategorik analiz ve frekans analizi kullanılarak değerlendirilmiştir.
- (iv) İlk olarak mesaj öğelerinin sıklıklarının sayılmasına odaklanan frekans analizi kullanılmıştır. Bu analiz türünde, sayılabilir nitelikteki birimler belirlenerek, analiz göstergeleri frekans olarak ifade edilir. Frekans analizi, kayıt birimlerinin nicel olarak görünme sıklığını basit bir şekilde ortaya koymaktadır. Analiz sırasında, mesaj öğelerinin belirli bir öğenin sıklığına göre sayılması amaçlanmış ve bu sayımlar frekans olarak ifade edilmiştir. Bu teknik, belirli bir öğenin ne kadar sık ortaya çıktığını ve bu öğenin analiz bağlamında yoğunluğunu ve önemini anlamayı sağlar. Frekans analizi sonucunda, öğeler önem sırasına göre sınıflandırılabilir ve sıklıklarına göre gruplandırılabilir (Köhler ve Stemmler, 1997). Bu süreçte *SPSS Statistics 26* paket programından faydalanılmıştır.
- (v) Araştırmada işe koşulan bir diğer teknik olan Bibliyometrik analizlerde ise; *ortak atıf analizi* ve *anahtar kelime analizi* aşamalarında *VOSviewer* programı yardımıyla veriler analiz edilmiştir. Bibliyometrik analiz, bilimsel literatürde yer alan yayınları ve bu yayınların özelliklerini inceleyen bir yöntemdir. Bu analiz türü, araştırma eğilimlerini, bilimsel üretkenliği, en çok kullanılan kaynakları ve

disiplinler arası ilişkileri değerlendirmek amacıyla kullanılır. Bibliyometrik analiz, literatürdeki mevcut durumu değerlendirerek, gelecekteki araştırmalara rehberlik edebilir ve belirli bir alanın gelişimini izlememize yardımcı olabilir (Karataş, 2015). Bibliyometrik analiz araştırmalarda farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Donthu ve diğerleri (2021)'ne göre bunlar;

- a) *Yayınları İnceleme*: Bibliyometrik analiz, belirli bir konu, disiplin veya araştırma alanıyla ilgili yayınları inceleyerek, o alandaki gelişmeleri takip etmeyi sağlar. Bu yayınlar genellikle makaleler, tezler, kitaplar ve konferans bildirilerini içerir.
- b) *Yazar Analizi*: Yazar analizi, belirli bir konuda en çok yayın yapan yazarları belirleme amacını taşır. Bu sayede, alanında öne çıkan uzmanlar ve onların çalışmaları daha iyi anlaşılabilir.
- c) *Dergi Analizi*: Hangi dergilerin belirli bir konuda daha fazla yayın aldığını belirlemek, bibliyometrik analizin bir parçasıdır. Bu, hangi dergilere yönelik araştırmaların daha yoğun olduğunu ve o dergilerin alanındaki etki seviyelerini anlamamıza yardımcı olabilir.
- d) *Alıntı Analizi*: Bir çalışma tarafından yapılan alıntılar, o çalışmanın akademik etkisini gösteren önemli bir gösterge olarak kabul edilir. Bibliyometrik analizde alıntı analizi, hangi çalışmaların diğerleri tarafından ne sıklıkla referans alındığını belirlemek için kullanılır.
- e) *Co-citation Analizi*: Bu analiz türü, belirli iki çalışmanın aynı başka çalışmalar tarafından birlikte alıntılanma sıklığını inceler. Bu, farklı çalışmalar arasındaki tematik bağlantıları ve etkileşimleri belirlememize yardımcı olabilir.
- f) *Anahtar Kelime Analizi*: Bibliyometrik analiz, belirli bir konu veya alanla ilgili en sık kullanılan anahtar kelimeleri belirleyerek, araştırma eğilimlerini anlamamıza yardımcı olur.

Bu araştırmada Bibliyometrik analizlerden *Yayın İnceleme*, *Alıntı Analizi* ve *Anahtar Kelime Analizi* yapılmıştır.

3.4.1. Araştırmanın geçerliği ve güvenirliği

Nitel araştırmalarda geçerlilik, araştırmacının incelediği konuyu doğru ve tarafsız bir şekilde gözlemleyebilme yetisi anlamına gelmektedir. Ayrıca, araştırmacının

veri toplama sürecini, bulgulara ulaşma yöntemlerini ve elde edilen verilerin detaylı bir şekilde raporlanmasını açıklaması, geçerliliğin sağlanması için önemli unsurlar arasında yer almaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Nitel araştırmalarda geçerlik, iç geçerlik ve dış geçerlik olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. İç geçerlik, araştırma sürecinin incelenen olguyu ne kadar doğru yansıttığıyla ilgilidir. Bu doğrultuda, araştırmacının veri toplama, analiz etme ve yorumlama süreçlerinde tutarlılık göstermesi büyük önem taşır (Büyüköztürk ve ark., 2008). Bu araştırmada, iç geçerliliği sağlamak amacıyla bulgular ayrıntılı bir şekilde açıklanmış, araştırma konusuna dair bilgiler objektif verilerle desteklenmiş ve ardından yorumlamalar yapılmıştır. Veriler arasında tutarlılığı sağlamak amacıyla içsel homojenlik ve dışsal heterojenlik kriterlerine özen gösterilmiş, böylelikle benzerlikler ve farklılıklar net bir şekilde ortaya konmuştur. Dış geçerlik ise araştırma bulgularının genellenebilirliği anlamına gelir. Eğer araştırma sonuçları benzer ortamlarda ve koşullarda yeniden üretilebiliyorsa, bu durum dış geçerliğin sağlandığını gösterir. Bu araştırmada veri tabanlarından verilerin çekilme süreci ayrıntılı olarak açıklanmış ve ham veriler kapsam büyüklüğü açısından ek olarak sunulmasa da yayın bilgileri olarak sunulmuştur.

Güvenirlik, araştırmanın süreçlerinin ve verilerin şeffaf ve detaylı bir şekilde açıklanmasını ifade eder; yani başka bir araştırmacının çalışmayı değerlendirebilmesine imkân tanır. Başka bir deyişle, araştırma sonuçlarının tekrarlanabilirliği ile ilgilidir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu kapsamda, verilerin analizi iki araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve araştırmanın güvenilirliğini hesaplamak için Miles ve Huberman'ın (1994) formülü kullanılmıştır.

$$\text{Güvenirlik} = \text{Görüş Birliği} / (\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı})$$

Hesaplama sonucunda araştırmanın güvenilirliği %87 olarak bulunmuştur. Güvenirlik hesaplamalarında %70'in üzerindeki değerler, araştırmanın güvenilir olduğunu gösterir. Bu sonuçlara göre, çalışmanın güvenilir olduğu ifade edilebilir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde araştırma problemi çerçevesinde belirlenen dört araştırma sorusu ve alt sorular dikkate alınarak veri analizi sonucu elde edilen bulgular ile tartışma sunulmuştur.

4.1. Birinci Alt Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular ve Tartışma

Matematik eğitimi alanında hazırlanan, matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezlerinin tematik özelliklerinin, yıllara göre dağılım ve değişimlerine yönelik analizler ilk araştırma sorusu kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili ulusal ve uluslararası yüksek lisans ve doktora tezlerinin yıllara göre dağılım bulguları Tablo 4.1.'de sunulmuştur.

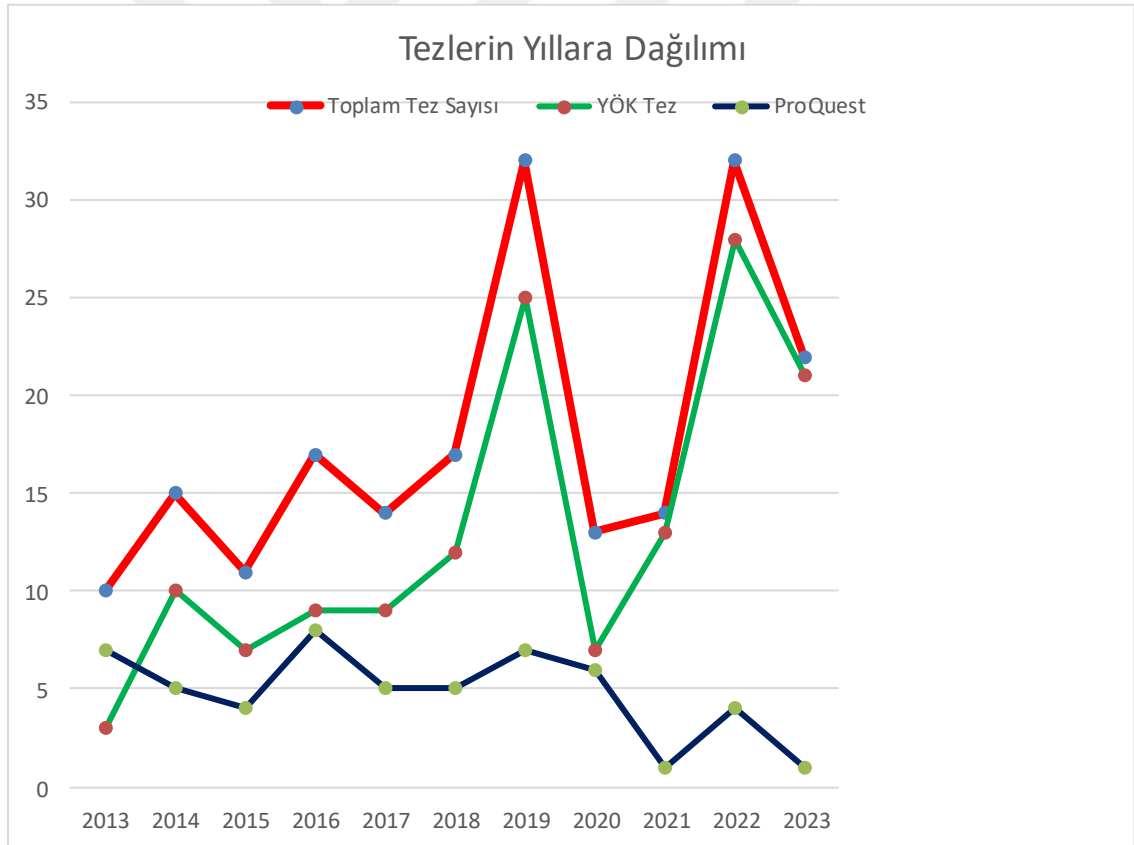
Tablo 4.1. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin yıllara göre dağılımı

Değişken	Yıl	Veri Tabanı	<i>f</i>	%	<i>f</i> (Top.)	% (Top.)
Yıllara Göre Dağılım	2013	YÖK Tez	3	1,52	10	5,08
		ProQuest	7	3,55		
	2014	YÖK Tez	10	5,08	15	7,61
		ProQuest	5	2,54		
	2015	YÖK Tez	7	3,55	11	5,58
		ProQuest	4	2,03		
	2016	YÖK Tez	9	4,57	17	8,63
		ProQuest	8	4,06		
	2017	YÖK Tez	9	4,57	14	7,11
		ProQuest	5	2,54		
	2018	YÖK Tez	12	6,09	17	8,63
		ProQuest	5	2,54		
	2019	YÖK Tez	25	12,69	32	16,24
		ProQuest	7	3,55		
	2020	YÖK Tez	7	3,55	13	6,60
		ProQuest	6	3,05		
	2021	YÖK Tez	13	6,60	14	7,11
		ProQuest	1	0,51		
	2022	YÖK Tez	28	14,21	32	16,24
		ProQuest	4	2,03		
	2023	YÖK Tez	21	10,66	22	11,17
		ProQuest	1	0,51		
Toplam			197	100	197	100

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi YÖK Tez ve ProQuest veri tabanlarında 2013-2023 yılları arasındaki süreçte toplamda 197 tez yer almaktadır. 2013 yılında 10 tez (%5,08) bulunurken, tez sayısı 2014 ve 2016 yıllarında artış göstermiş, sırasıyla 15 tez (%7,61) ve 17 tez (%8,63) kaydedilmiştir. 2019 ve 2022 yıllarında en yüksek sayıda tezlere ulaşılmış, her iki yılda da 32 tez (%16,24) hazırlanmıştır. 2023 yılında bu sayının 22 (%11,17) olduğu görülmektedir.

Bu dağılım, matematiksel modelleme ile ilgili tezlerde özellikle 2019 yılında belirgin bir artışın olduğunu, 2020 ve 2021 yıllarında ise tez sayılarının düştüğü ve 2022 yılında tekrar belirgin bir yükseliş yaşandığını göstermektedir.

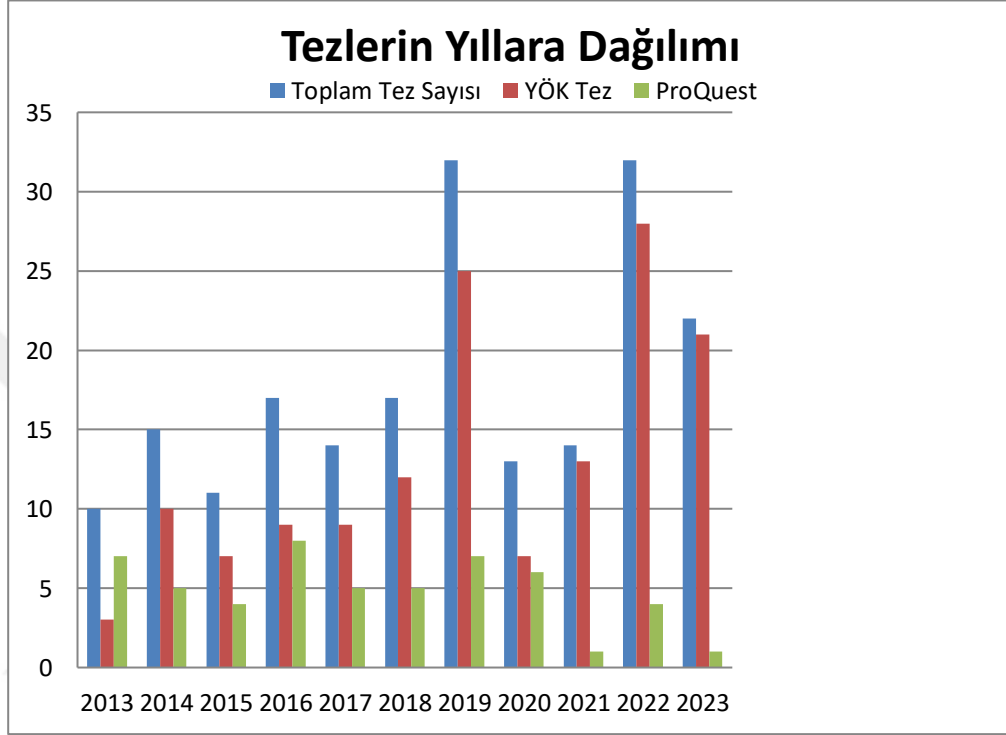
Tezleri veri tabanı bazında yıllara göre dağılımı Şekil 4.1’de ve Şekil 4.2’de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Yıllara göre YÖK Tez ve ProQuest veri tabanlarındaki matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin dağılımı

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi yurt içi tezleri kapsayan YÖK Tez veri tabanı yıllara göre dağılımı daha kırılgan iken, yurt dışı yayınları kapsayan ProQuest veri tabanındaki

tez sayısı daha istikrarlı bir grafik sunmaktadır. Toplam tez sayısı açısından bakıldığında son yıllarda yurt içi yani YÖK Tez veri tabanındaki tezlerin oranlarında artış olduğu Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2. YÖK Tez ve ProQuest veri tabanlarındaki matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin yıllara göre dağılımı

Matematiksel modelleme alanında yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerinin yıllar içindeki dağılımı ve ülkeler bazındaki farklılıklara bakıldığında; 2019 ve 2022 yıllarında tez sayısında belirgin bir artış görülmüştür. Bu bulgu Eryiğit (2022) ve Koç'un (2020) matematiksel modelleme tezlerinin 2019 yılında zirveye ulaştığı yönündeki araştırma sonuçları ile de paralellik göstermektedir. Küresel düzeyde matematik eğitimi alanındaki yenilikçi yaklaşımların bu dönemlerde hız kazanmış olabileceği düşünülebilir. Matematiksel modelleme, son yıllarda eğitsel problemlere çözüm üretmede etkili bir araç olarak görülmekte ve bu ilginin artması, tez çalışmalarına yansımaktadır. Özellikle dijital dönüşüm ve uzaktan eğitimdeki gelişmelerin bu artışta etkili olduğu söylenebilir.

Yapılan tezlerin artışında 2013 yılında Matematik Dersi Öğretim Programı'nın yeniden düzenlemesi de önemli bir faktördür. Matematik Uygulamaları Dersi Öğretim Programı'na (2018) bakıldığında "*modelleme yapmaya yer verilir*" ifadesine yer verilmiştir. Bu bağlamda araştırmalara programın da yön verebileceği söylenebilir.

2020 ve 2021 yıllarındaki tez sayısındaki düşüş ise COVID-19 pandemisi nedeniyle akademik süreçlerde yaşanan aksamalarla açıklanabilir. Pandemi, eğitimde büyük bir dönüşüm yaratırken, aynı zamanda araştırmaların yürütülmesi konusunda da ciddi zorluklar doğurmuştur. Uzaktan eğitim süreçlerine adaptasyon ve veri toplama sürecindeki engeller, tez çalışmalarının ertelenmesine ya da kısıtlanmasına neden olmuş olabilir. Ancak, bu dönemde dahi YÖK Tez veri tabanında tez sayısında genel bir artış eğilimi olması, araştırmacıların bu zorluklara rağmen çalışmalarını sürdürdüklerini ve matematiksel modelleme konusundaki ilginin devam ettiğini göstermektedir.

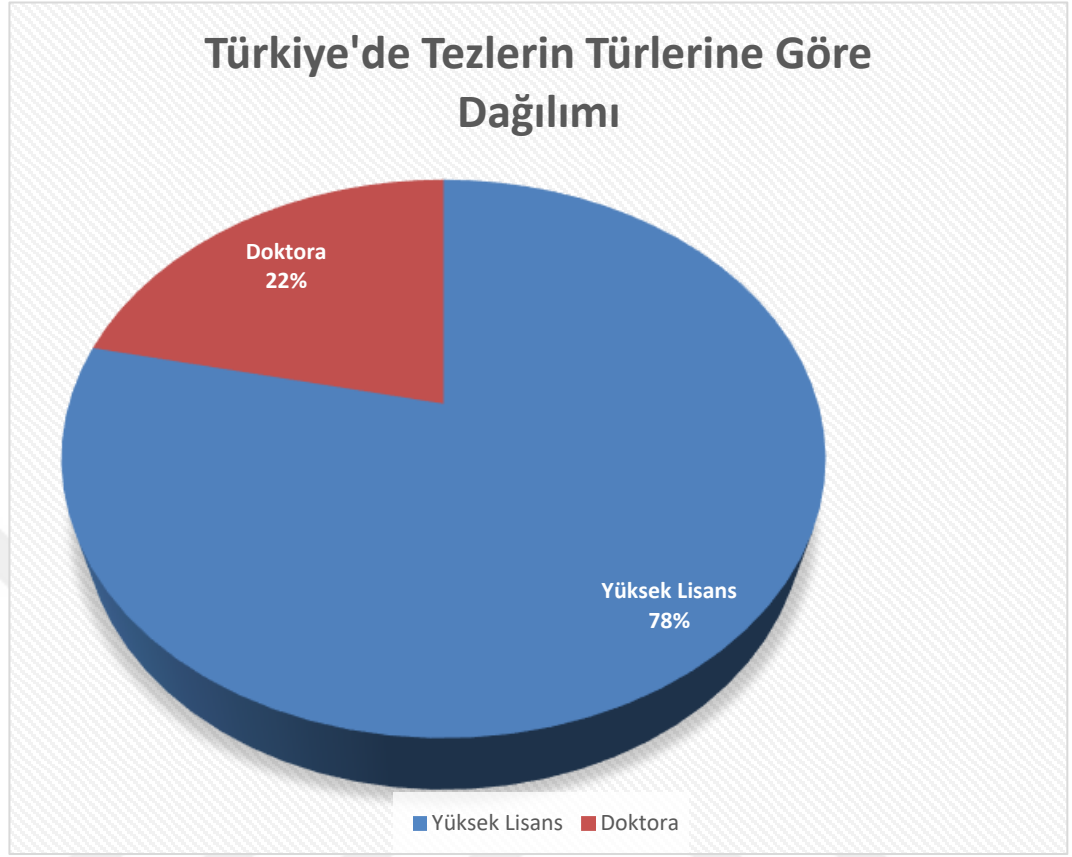
Matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezlerinin tez türü açısından yapıldığı ülkelere göre dağılımı Tablo 4.2.'de sunulmuştur.

Tablo 4.2. Araştırmaya dâhil edilen matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin tez türü açısından yapıldığı ülkelere göre dağılımı

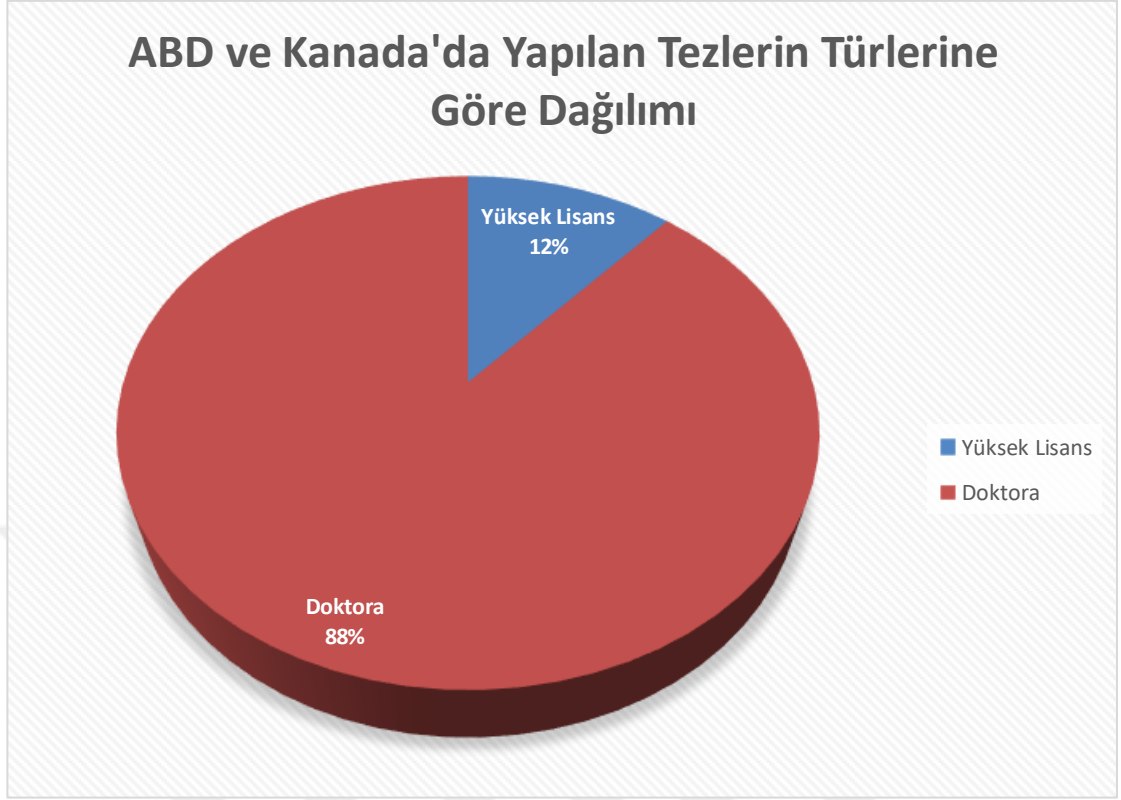
Ülke	Tez Türü	<i>f</i>	% (Ülke)
Türkiye	Yüksek Lisans	113	78,47
	Doktora	31	21,53
	Toplam	144	100
ABD	Yüksek Lisans	6	11,54
	Doktora	46	88,46
	Toplam	52	100
Kanada	Yüksek Lisans	0	0,00
	Doktora	1	100,00
	Toplam	1	100
Toplam		197	100

Tablo 4.2., matematik eğitimi alanında matematiksel modelleme üzerine yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerinin ülkelere göre dağılımını göstermektedir. Araştırmada Türkiye, ABD ve Kanada'dan toplam 197 tez yer almaktadır.

Türkiye'deki tezlerin çoğunluğunu yüksek lisans tezleri oluşturmaktadır; 113 yüksek lisans tezi (%78,47) ve 31 doktora tezi (%21,53) bulunmaktadır. Toplamda Türkiye'den 144 tez kaydedilmiştir. ABD'de ise doktora tezleri ağırlıktadır. ABD'de 6 yüksek lisans tezi (%11,54) ve 46 doktora tezi (%88,46) ile toplamda 52 tez yer almaktadır. Kanada'dan ise yalnızca 1 doktora tezi (%100,00) araştırmaya dahil edilmiştir. Türkiye ve ABD'de yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerinin dağılımlarına yönelik bulgular Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te sunulmuştur.



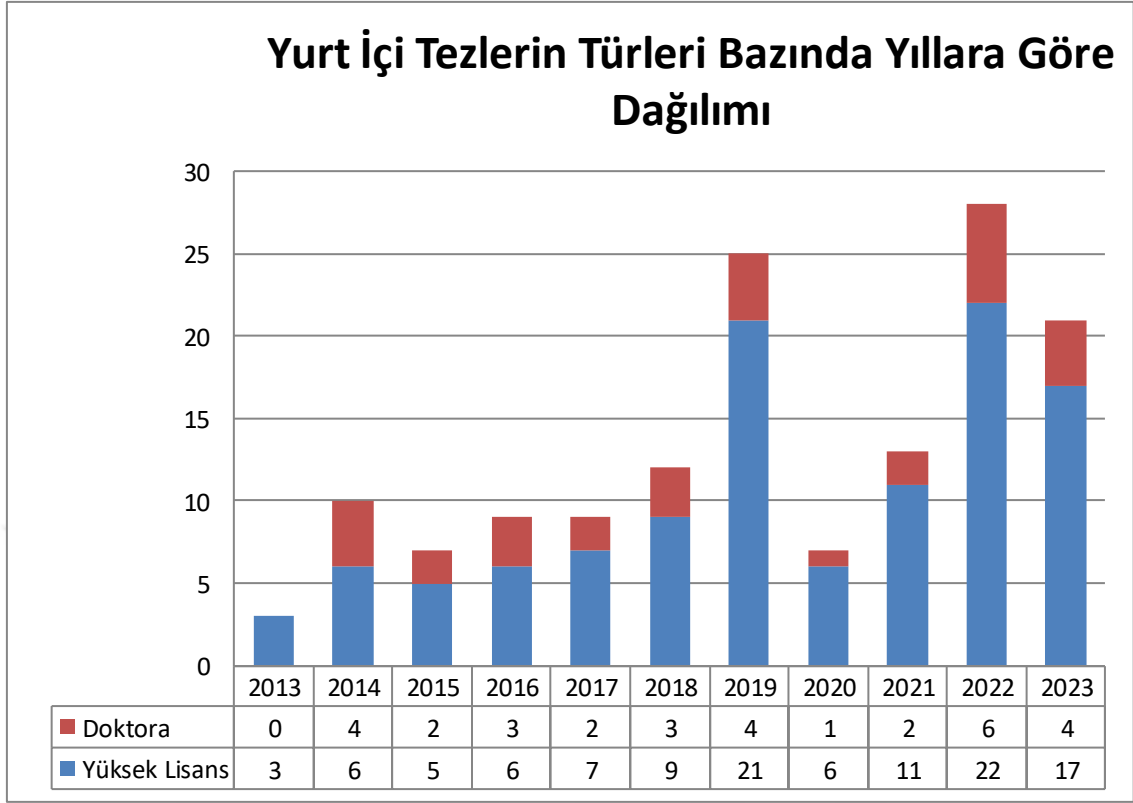
Şekil 4.3. Türkiye'deki matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türlere göre dağılımı



Şekil 4.4. ABD ve Kanada’da matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin türlere göre dağılımı

Bu dağılım, Türkiye’de matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun yüksek lisans seviyesinde olduğunu, ABD ve Kanada’da ise doktora çalışmalarının daha yaygın olduğunu göstermektedir.

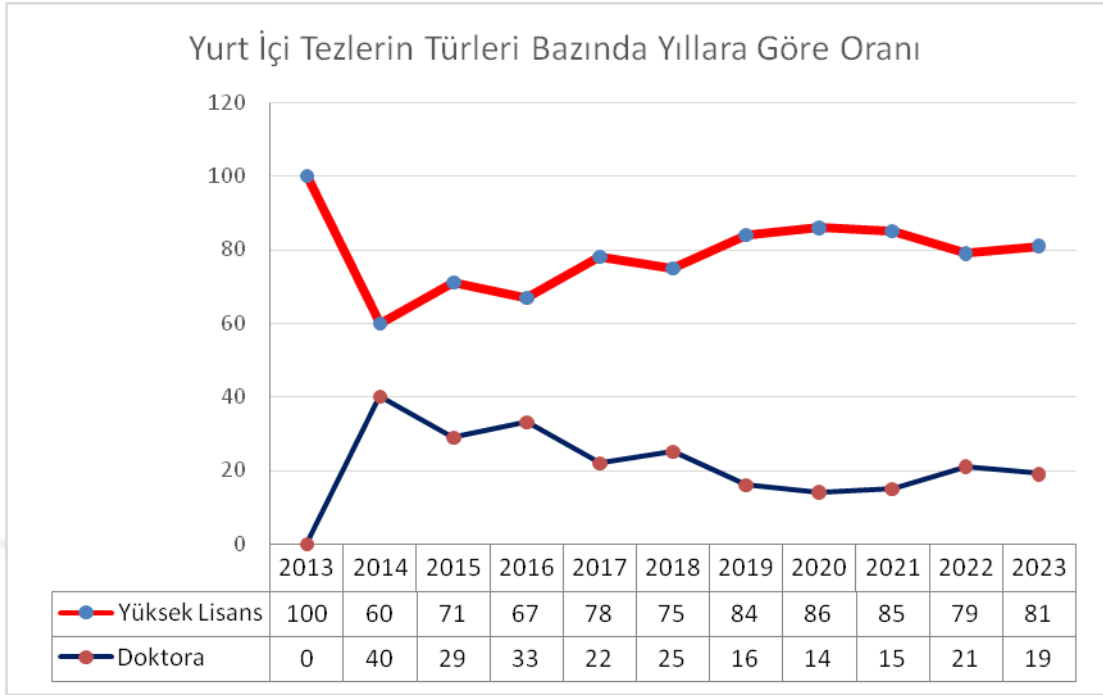
İlgili yurt içi tezlerin türleri açısından yıllara göre dağılım ve oranları Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.’da sunulmuştur.



Şekil 4.5.Yurt içi matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre dağılımı

Yıllara göre Türkiye’de matematiksel modelleme üzerine yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerinin türleri bazında dağılımı incelendiğinde, yüksek lisans tezlerinde belirgin bir artış trendi gözlemlenmektedir. 2013 yılında yalnızca 3 yüksek lisans tezi bulunurken, bu sayı her yıl artış göstermiştir. Özellikle 2019 yılında 21 sayısına ulaşan yüksek lisans tezleri, 2022 yılında 22’ye çıkararak en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Ancak, 2020 yılında 6 tez ile belirli bir düşüş yaşanmıştır. 2023 yılında yüksek lisans tezleri sayısı 17 olarak kaydedilmiştir.

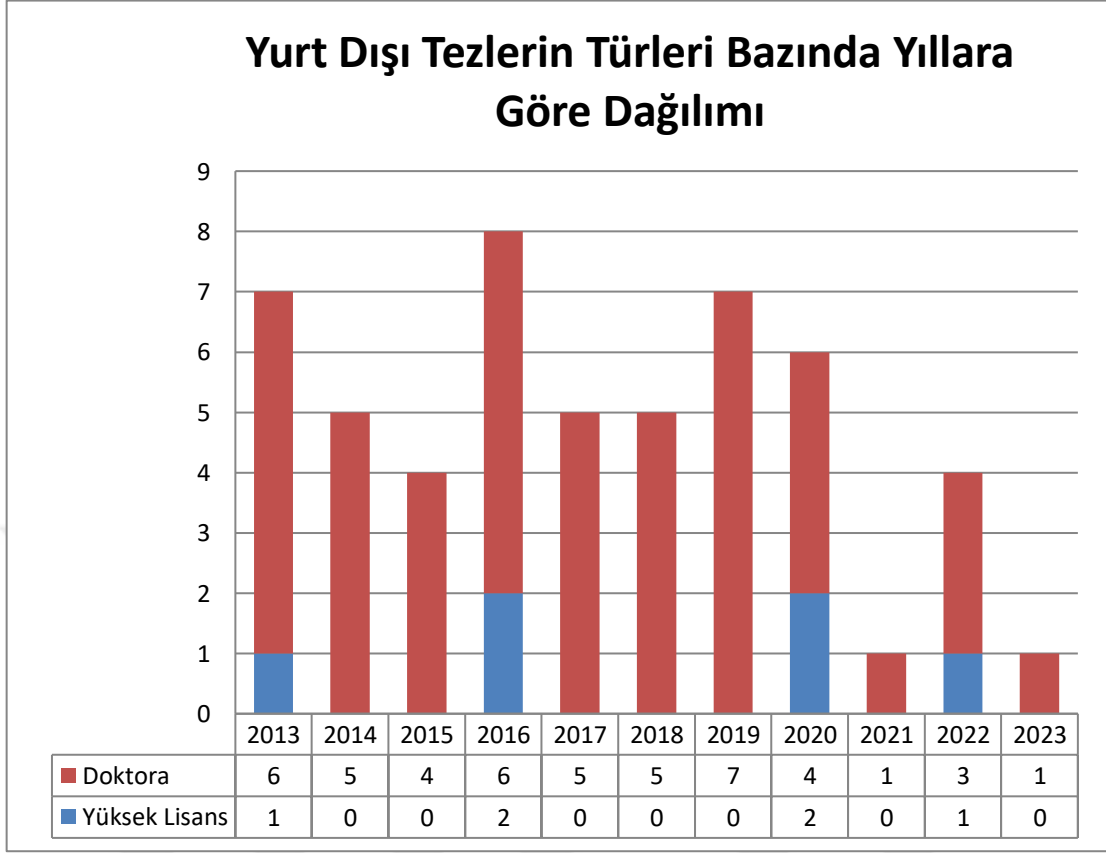
Doktora tezleri açısından ise 2013 yılında hiç doktora tezi bulunmadığı görülmektedir. 2014 yılında 4 doktora tezi görülürken, 2015 yılında 2, 2016 yılında 3 ve 2017 yılında ise tekrar 2 doktora tezi yazılmıştır. 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla 3 ve 4 doktora tezi ile daha fazla ilgi gösterilmiştir. 2020 yılında 1 doktora tezi yazılırken, 2021’de 2, 2022’de 6 ve 2023’te 4 doktora tezi ortaya konulmuştur.



Şekil 4.6. Yurt içi matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre oranı

Yıllara göre Türkiye’de matematiksel modelleme üzerine yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerinin türleri bazında oranları incelendiğinde, yüksek lisans tezleri genel olarak yüksek bir orana sahipken, doktora tezleri daha az bir oranda yer almaktadır. 2013 yılında yüksek lisans tezlerinin oranı %100 iken, doktora tezinin oranı %0 olarak kaydedilmiştir. 2014 yılında yüksek lisans tezleri %60, doktora tezleri ise %40 oranında artış göstermiştir. 2015 yılında yüksek lisans tez oranı %71, doktora tez oranı ise %29 olarak belirlenmiştir. İlerleyen yıllarda yüksek lisans tez oranı genel olarak %60 ile %100 arasında değişirken, doktora tez oranı ise %0 ile %40 arasında dalgalanma göstermiştir. Özellikle 2016 yılında yüksek lisans tez oranı %67, doktora oranı %33 olarak kaydedilmiştir. 2019 yılında yüksek lisans tez oranı %84, doktora oranı %16’ya düşmüştür. 2020 yılında yüksek lisans oranı %86, doktora oranı %14 olarak belirlenmişken, 2021 yılında bu oranlar sırasıyla %85 ve %15 olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılında yüksek lisans tez oranı %79, doktora tez oranı ise %21’e çıkmıştır. 2023 yılı itibarıyla yüksek lisans oranı %81, doktora oranı %19 olarak kaydedilmiştir.

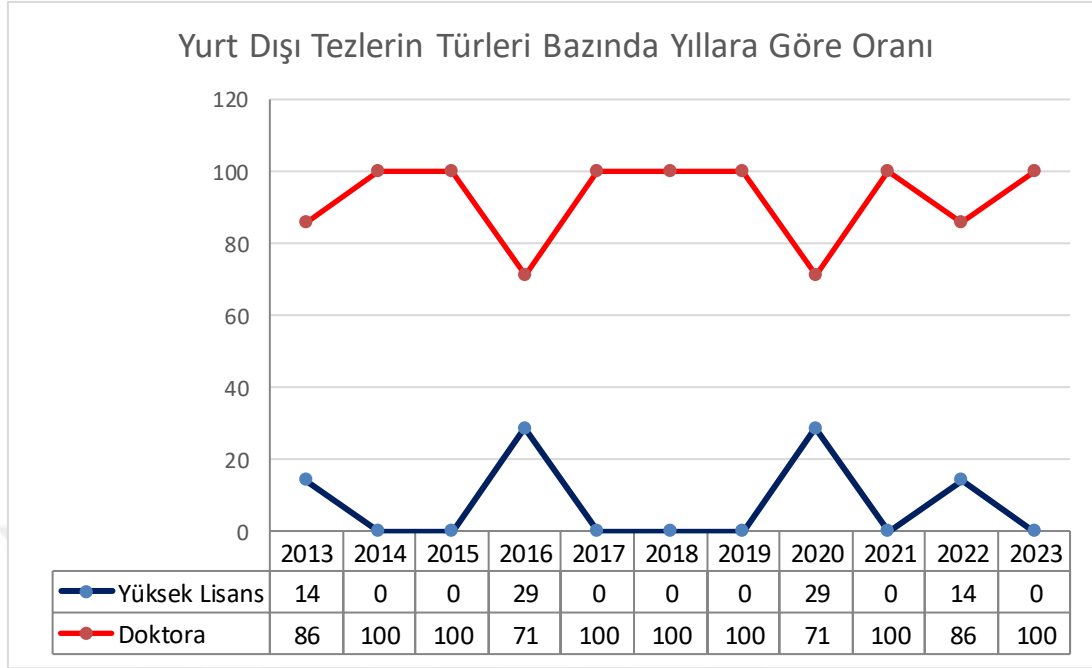
İlgili yurt dışı tezlerin türleri açısından yıllara göre dağılım ve oranları Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.’de sunulmuştur.



Şekil 4.7.Yurt dışı matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre dağılımı

Yurt dışındaki matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre dağılımı incelendiğinde, yüksek lisans ve doktora tezlerinde belirgin dalgalanmalar gözlemlenmektedir. 2013 yılında 1 yüksek lisans ve 6 doktora tezi bulunurken, 2014 ve 2015 yıllarında yüksek lisans tezi bulunmamış, doktora tezleri sırasıyla 5 ve 4 olarak kaydedilmiştir. 2016 yılında yüksek lisans tezi sayısı 2'ye çıkmış, doktora tezi sayısı 6 olmuştur.

2017 ve 2018 yıllarında yüksek lisans tezi yokken, her iki yılda da 5 doktora tezi yazılmıştır. 2019'da doktora tez sayısı 7'ye yükselmiş, yine yüksek lisans tezi kaydedilmemiştir. 2020 yılında 2 yüksek lisans ve 4 doktora tezi bulunurken, 2021'de yalnızca 1 doktora tezi yazılmıştır. 2022 yılında 1 yüksek lisans ve 3 doktora tezi kaydedilirken, 2023 yılında yalnızca 1 doktora tezi bulunmaktadır. Bu bağlamda yüksek lisans tezleri sayısının düşük olduğu, doktora tezlerinin ise zaman zaman artış gösterdiği söylenebilir.



Şekil 4.8. Yurt dışı matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre oranı

Yurt dışındaki matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin türleri bazında yıllara göre oranları incelendiğinde, 2013 yılında yüksek lisans tezlerinin oranı %14, doktora tezlerinin oranı ise %86 olarak kaydedilmiştir. 2016 yılında yüksek lisans tez oranı %29'a yükselirken, doktora tez oranı %71 olarak belirlenmiştir. 2017 yılından itibaren, yüksek lisans tezleri tamamen kaydedilmemiştir; her yıl doktora tezlerinin oranı %100 olarak gözlemlenmiştir. 2020 yılında yüksek lisans oranı tekrar %29'a çıkmış, doktora oranı %71 olarak belirlenmiştir. 2021 yılında yüksek lisans tezi yazılmamış, doktora tezi oranı yine %100 olmuştur. 2022 yılında yüksek lisans tez oranı %14, doktora tez oranı %86 olarak kaydedilirken, 2023 yılında yalnızca doktora tezine yer verilmiş ve bu oran %100 olmuştur.

Ülkelere göre tez türleri incelendiğinde, Türkiye’de yüksek lisans tezlerinin baskın olduğu görülmektedir. Bu bulgu Albayrak (2017), Koç (2020) ve Eryiğit’in (2022) araştırma sonuçlarıyla da paralellik göstermektedir. Bu durum, Türkiye’deki matematik eğitimi programlarının yapısal olarak yüksek lisans düzeyinde yoğunlaştığını ve doktora çalışmalarının nispeten sınırlı kaldığını göstermektedir. Türkiye’deki bu eğilimin, akademik kariyer hedefleyen öğrenciler için yüksek lisansın ilk adım olarak görülmesi ve doktora programlarının daha seçici ve zorlayıcı olmasıyla açıklanabilir

(Çarıkçı ve Uluğ, 2024). Yine de doktora tezlerinde 2022 yılında yaşanan artış, doktora çalışmalarının giderek daha fazla tercih edildiğine işaret edebilir. ABD’de ise doktora tezlerinin ağırlıkta olması, Amerika’daki akademik sistemin doktora odaklı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. ABD’de doktora programları genellikle daha fazla kaynak ve destekle yürütülmekte, bu da araştırma kalitesini ve sayısını artırmaktadır. Ayrıca, doktora tezlerinde gözlemlenen artış, Amerika’daki akademik çevrelerde matematiksel modelleme konusunun daha fazla kabul gördüğünü ve bu alandaki çalışmaların yaygınlaştığını göstermektedir. Yüksek lisans tezlerinin az sayıda olması, ABD’de lisansüstü çalışmaların doktora seviyesine yöneldiği bir eğilime işaret etmektedir (Barnett, Harrisve Mulvany, 2017). Kanada’da sadece bir doktora tezi bulunması, bu ülkede matematiksel modelleme konusunda yapılan çalışmaların sınırlı olduğunu göstermektedir. Bunun nedenleri arasında Kanada’nın eğitim politikaları, akademik araştırmalara sağlanan destek ve matematik eğitimi alanındaki ilginin görece daha az olması yer alabilir. Ancak, Kanada’nın bu alanda tek bir tezle temsil edilmesi, çalışmaların farklı veri tabanlarında yer alması kaynaklı olabilir.

Tez türleri açısından ülkeler arasındaki bu farklılıklar, eğitim sistemlerinin yapısal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Türkiye ve ABD gibi ülkeler, farklı akademik kültürlerle sahip olduklarından tez türleri ve sayılarına ilişkin eğilimler de farklılık göstermektedir. Türkiye’de yüksek lisans programları daha yaygınken, ABD’de doktora programları akademik kariyerin merkezi bir unsuru olarak ön plana çıkmaktadır. Bu farklılıklar, eğitim politikalarının ve akademik önceliklerin farklı ülkelerde nasıl şekillendiğini göstermektedir. 2013 yıllarından itibaren genel anlamda tez sayılarında yaşanan artış, özellikle bu dönemlerde matematiksel modelleme alanında yeni araştırma konularının popüler hale geldiğini göstermektedir (Aztekin ve Şener, 2015). Bu yıllarda dünya genelinde STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) alanlarına yönelik artan ilgi, matematiksel modelleme konusundaki çalışmaları da teşvik etmiştir. Özellikle, eğitim teknolojilerinin gelişmesi ve modelleme araçlarının daha erişilebilir hale gelmesi, araştırmacıları bu alanda tez yazmaya yönlendirmiş olabilir.

Araştırmanın ilk araştırma sorusu kapsamında analiz edilen bir diğer veri ise matematiksel modelleme üzerine yapılan tezlerin üniversitelere göre dağılımıdır.

Türkiye’de yapılan tezlerin üniversitelere göre dağılımına ve üniversitedeki danışman bilgilerine yönelik bulgular Tablo 4.3. ve Tablo 4.4.’te sunulmuştur.

Tablo 4.3’e bakıldığında; toplam 144 tez arasında, en yüksek frekansa sahip üniversite Atatürk Üniversitesi olup, %9,72 oranıyla 14 tez üretmiştir. Bunu Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi 10 tez (%6,94), Gazi Üniversitesi ve ODTÜ her biri 8 tez (%5,56) ile takip etmektedir. Diğer öne çıkan üniversiteler arasında Anadolu Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi, her biri 7 tez (%4,86) ile yer alırken, Marmara Üniversitesi 6 tez (%4,17) ile ön sıralardadır. Dicle Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi ise 4 tez (%2,78) ile matematiksel modelleme çalışmalarında üretken üniversiteler arasında yer almaktadır.

Matematiksel modelleme üzerine yapılan tezlerin üniversitelere ve akademisyenlere göre dağılımı, bu alandaki akademik birikimin belirli kurumlar ve kişiler etrafında yoğunlaştığını göstermektedir. Türkiye’deki üniversiteler arasında Atatürk Üniversitesi’nin %9,72 oranıyla ilk sırada yer alması, bu üniversitenin matematiksel modelleme alanında akademik açıdan önemli bir merkez haline geldiğine işaret etmektedir. İlgili araştırmalar da bu alanda en yüksek tez üreten üniversitenin Atatürk Üniversitesi olduğu yönündedir (Albayrak, 2017; Koç, 2020; Ünlü, 2020; Eryiğit, 2022). Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Gazi Üniversitesi ve ODTÜ gibi diğer üniversitelerin de bu alanda dikkate değer çalışmalar üretmesi, Türkiye’deki bölgesel dağılımın geniş bir tabana yayılmaya başladığını göstermektedir. Bu dağılım, matematiksel modelleme alanındaki akademik çalışmaların sadece belirli büyük şehirlerle sınırlı kalmayıp, diğer illerdeki üniversitelerde de geliştiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4.3. Türkiye’de matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin üniversitelere göre dağılımı

Üniversite	Frekans	Yüzde (%)
Atatürk Üniversitesi	14	9,72
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi	10	6,94
Gazi Üniversitesi	8	5,56
ODTÜ	8	5,56
Anadolu Üniversitesi	7	4,86
Hacettepe Üniversitesi	7	4,86
Marmara Üniversitesi	6	4,17
Adıyaman Üniversitesi	5	3,47
Balıkesir Üniversitesi	5	3,47
Çukurova Üniversitesi	5	3,47
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	5	3,47
Dicle Üniversitesi	4	2,78
Fırat Üniversitesi	4	2,78
Akdeniz Üniversitesi	3	2,08
Kocaeli Üniversitesi	3	2,08
Mersin Üniversitesi	3	2,08
Necmettin Erbakan Üniversitesi	3	2,08
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	3	2,08
Van yüzüncü Yıl Üniversitesi	3	2,08
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	3	2,08
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2	1,39
Dokuz Eylül Üniversitesi	2	1,39
Erciyes Üniversitesi	2	1,39
Karadeniz Teknik Üniversitesi	2	1,39
Kastamonu Üniversitesi	2	1,39
Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi	2	1,39
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2	1,39
Yıldız Teknik Üniversitesi	2	1,39
Çukurova Üniversitesi	1	0,69
Abant izzet baysal Üniversitesi	1	0,69
Bartın Üniversitesi	1	0,69
Başkent Üniversitesi	1	0,69
Bursa uludağ Üniversitesi	1	0,69
Ege Üniversitesi	1	0,69
Gaziantep Üniversitesi	1	0,69
Gaziosmanpaşa Üniversitesi	1	0,69
Gediz Üniversitesi	1	0,69
Giresun Üniversitesi	1	0,69
İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa	1	0,69
Kırşehir ahi Evran Üniversitesi	1	0,69
Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi	1	0,69
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi	1	0,69

Üniversite	Frekans	Yüzde (%)
Manisa Celal Bayar Üniversitesi	1	0,69
Pamukkale Üniversitesi	1	0,69
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi	1	0,69
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	1	0,69
Trabzon Üniversitesi	1	0,69
Toplam	144	100,00

Tablo 4.4. Türkiye’de matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin danışmanlarına ait dağılımı

İsim*	Tez Sayısı	Üniversite
Prof. Dr. Alper ÇİLTAŞ	7	Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR	4	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan GÜRBÜZ	4	Adıyaman Üniversitesi
Doç. Dr. Zeynep ÇAKMAK GÜREL	3	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet Şükrü ÖZDEMİR	3	Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Ayten Pınar BAL	3	Çukurova Üniversitesi
Doç. Dr. Şerife SEVİNÇ	3	ODTÜ
Prof. Dr. Esra BUKOVA GÜZEL	3	Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Adnan BAKİ	3	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Yüksel DEDE	2	Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Makbule Gözde DİDİŞ KABAR	2	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Prof. Dr. Ali ERASLAN	2	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. Hüseyin Bahadır YANIK	2	Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. İlhan KARATAŞ	2	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Doç. Dr. Meryem ÖZTURAN SAĞIRLI	2	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Prof. Dr. Soner DURMUŞ	2	Abant izzet baysal Üniversitesi
Prof. Dr. Kemal ÖZGEN	2	Dicle Üniversitesi
Prof. Dr. Aytaç KURTULUŞ	2	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Dr. Emine Aysin ŞENEL	2	Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Pınar ANAPA SABAN	2	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

*Sıralamada tüm danışmanlara yer verilmeyip birden fazla teze danışmanlık yapan bilim insanlarına yer verilmiştir.

Tezlerin danışmanlığını yapan bilim insanlarına bakıldığında ise; Prof. Dr. Alper Çiltaş, Atatürk Üniversitesi bünyesinde yürüttüğü 7 tez ile matematiksel modelleme alanında öne çıkmaktadır. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi bünyesinde Prof. Dr. Mehmet Bekdemir ve Adıyaman Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ramazan Gürbüz 4 tez ile yine alanda söz sahibi tez danışmanı akademisyenlerdir. Doç. Dr. Zeynep Çakmak Gürel (Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi), Prof. Dr. Ahmet Şükrü Özdemir (Marmara Üniversitesi), Prof. Dr. Ayten Pınar Bal (Çukurova Üniversitesi),

Doç. Dr. Şerife Sevinç (ODTÜ), Prof. Dr. Esra Bukova Güzel (Dokuz Eylül Üniversitesi) ve Prof. Dr. Adnan Baki'de (Karadeniz Teknik Üniversitesi) 3 tez ile alana katkı sağlayan bilim insanlarıdır.

Türkiye'de Atatürk Üniversitesi'nin matematiksel modelleme üzerine yüksek tez üretiminde lider konumda olması, bu üniversitenin bu alanda köklü bir stratejik bir akademik vizyona sahip olduğunu ve araştırmacılar için çekici bir akademik ortam sunduğunu göstermektedir. Prof. Dr. Alper Çiltaş'ın 7 tezi yönlendiren danışman olarak öne çıkması da bu alandaki uzmanlığını ve üniversitedeki akademik birikimi yansıtmaktadır. Araştırmacının 2019 yılından itibaren çalışmalarının büyük bir bölümü bu alanda olduğu göz önüne alındığında (ATAUNİ, 2024) bir üniversitenin başarısının, bireysel akademisyenlerin alanında yetkinliği ile doğrudan ilişkili olduğu da düşünüldüğünde, Prof. Dr. Çiltaş'ın katkısı, Atatürk Üniversitesi'nin bu alandaki liderlik pozisyonunu açıklamada önemli bir faktör olarak değerlendirilebilir. Türkiye'deki diğer üniversitelere bakıldığında, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin ikinci sırada yer alması ve Prof. Dr. Mehmet Bekdemir'in danışmanlık sürecindeki katkıları, bu üniversitenin de matematiksel modelleme alanındaki gelişim sürecine aktif olarak katıldığını göstermektedir. Araştırmacının doktora çalışmasını da Atatürk Üniversitesi'nde yaptığı göz önüne alındığında akademik kültürün bu üniversiteye taşındığı söylenebilir (EBYU, 2024). Erzincan gibi daha küçük şehirlerdeki üniversitelerin bu alanda önemli bir konuma sahip olması, bölgesel çeşitliliğin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu, aynı zamanda Türkiye'nin akademik sisteminde bölgesel kalkınma politikalarının üniversitelere sağladığı desteğin bir yansıması olabilir. Gazi Üniversitesi ve ODTÜ'nün her birinin 8 tez üretmesi, bu iki üniversitenin matematik eğitimi ve modelleme alanında geleneksel olarak güçlü bir araştırma geçmişine sahip olduğunu göstermektedir. Her iki üniversitenin de köklü akademik yapıları ve bilimsel araştırmalara verdiği önem, bu alandaki yüksek lisans ve doktora tezlerinin sürekliliğini ve kalitesini artırmaktadır. Anadolu Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi de bu süreçte önemli roller üstlenmiştir. Özellikle Anadolu Üniversitesi'nin uzaktan eğitim alanındaki kaynaklarını, bu üniversitenin araştırma alanında nasıl bir katkı sağladığı ileriki araştırmalarda incelenebilir.

ABD ve Kanada'da yapılan tezlerin üniversitelere göre dağılımları Tablo 4.5.'te sunulmuştur.

Tablo 4.5. ABD ve Kanada’da matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin üniversitelere göre dağılımı

Üniversite	Frekans	Yüzde (%)
Columbia University	8	15,09
The Ohio State University	5	9,43
North Carolina State University	2	3,77
Purdue University	2	3,77
Ohio University	2	3,77
University of Missouri	2	3,77
American College of Education	1	1,89
Boston College	1	1,89
City University of New York	1	1,89
Claremont Graduate University	1	1,89
Florida Institute of Technology	1	1,89
George Mason University	1	1,89
Harvard University	1	1,89
Kansas State University	1	1,89
Kent State University	1	1,89
Montana State University	1	1,89
Montclair State University	1	1,89
Piedmont Colage	1	1,89
San Diego State University	1	1,89
San José State University	1	1,89
Stanford University	1	1,89
The City University of New York	1	1,89
The State University of New Jersey	1	1,89
The University of Arizona	1	1,89
The University of Minnesota	1	1,89
The University of Georgia	1	1,89
The University of Iowa	1	1,89
The University of the Arts	1	1,89
The University of Utah	1	1,89
The University of Western Ontario	1	1,89
Universit'E de Montr'Eal	1	1,89
University of California	1	1,89
University of Florida	1	1,89
University of Massachusetts Lowell	1	1,89
University of Delaware	1	1,89
Utah State University	1	1,89
University of Nebraska	1	1,89
University of Colorado	1	1,89
Toplam	53	100,00

ABD ve Kanada’da yapılan matematiksel modelleme konusundaki tezlerin üniversitelere göre dağılımlarına bakıldığında en yüksek sayıya sahip üniversite, 8 tez ve tezlerin %15,09'luk oranı ile Columbia University’dir. The Ohio State University ise 5 tez ile yine matematiksel modelleme konusundaki tezler ile öne çıkan bir üniversitedir. North Carolina State University, Purdue University, Ohio University ve University of Missouri, her biri 2 tez (%3,77) ile listede yer almaktadır.

ABD ve Kanada’daki dağılım incelendiğinde, Columbia University’nin en yüksek tez üretim frekansına sahip olması dikkat çekmektedir. Columbia University’nin bu alandaki liderliği, ABD’deki prestijli üniversitelerin araştırma olanaklarının genişliği ile ilişkilendirilebilir. Columbia University gibi araştırma yoğun üniversiteler, doktora öğrencilerine geniş kaynaklar sunarak, bu alandaki akademik çalışmaların ilerlemesine katkı sağlamaktadır

ABD ve Kanada’da yapılan tezlerin danışman bilgileri açısından ilk beş danışman Tablo 4.6.’da sunulmuştur.

Tablo 4.6. ABD ve Kanada’da matematiksel modelleme ile ilgili yapılan tezlerin danışman bilgileri

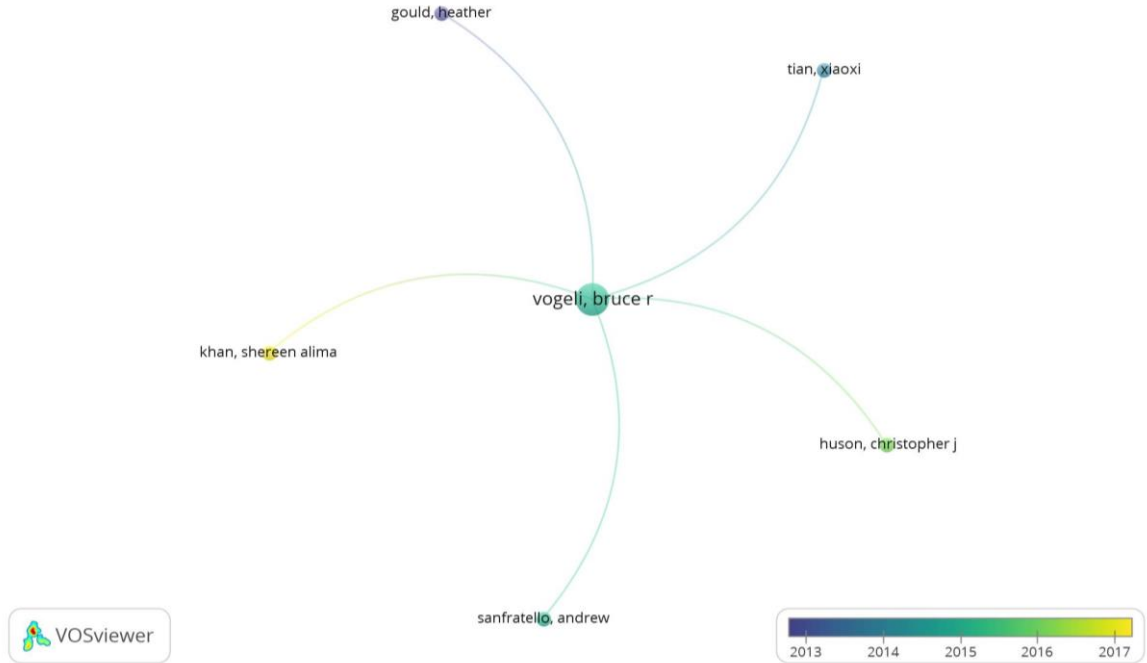
İsim	Tez Sayısı	Üniversite
Dr. Bruce Vogeli	5	Columbia University
Dr. Azita Manouchehri	4	The Ohio State University
Dr. Gregory Dean Foley	2	Ohio University
Dr. Lillie Richardson Albert	2	Boston College
Dr. Karen Allen Keene	2	North Carolina State University

ABD ve Kanada’da yapılan tezlerin danışman bilgilerine bakıldığında; 5 tez ile Columbia University’den Dr. Bruce Vogeli ilk sırada yer almaktadır. Onu, 4 tez ile The Ohio State University’den Dr. Azita Manouchehri takip etmektedir. Diğer danışmanlar arasında Ohio University’den Dr. Gregory Dean Foley, Boston College’tan Dr. Lillie Richardson Albert ve North Carolina State University’den Dr. Karen Allen Keene, her biri 2 tez ile yer almaktadır.

Dr. Bruce Vogeli’nin bu alandaki danışmanlık rolü ve aldığı atıfların fazlalığı, Columbia University’nin matematiksel modelleme alanında lider konumunu güçlendiren bir diğer faktördür. The Ohio State University’nin de 5 tez ile bu alanda önemli bir katkı sağladığı görülmektedir. The Ohio State University’nin güçlü akademik altyapısı ve bu alanda yürüttüğü çalışmalar, üniversitenin uluslararası alanda da adını duyurmasına olanak sağlamaktadır. Dr. Azita Manouchehri’nin 4 tezi yönlendiren

danışman olarak öne çıkması, bu üniversitenin matematiksel modelleme alanındaki akademik birikimini yansıtmaktadır. Danışmanların akademik tecrübesi, tezlerin kalitesini ve alandaki etkisini doğrudan etkilemektedir. Bu durum, Türkiye’de de benzer şekilde gözlemlenmiş olup, danışmanların alana olan katkıları üniversitenin uluslararası platformlardaki başarısı için belirleyici bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Balcı, 2013).

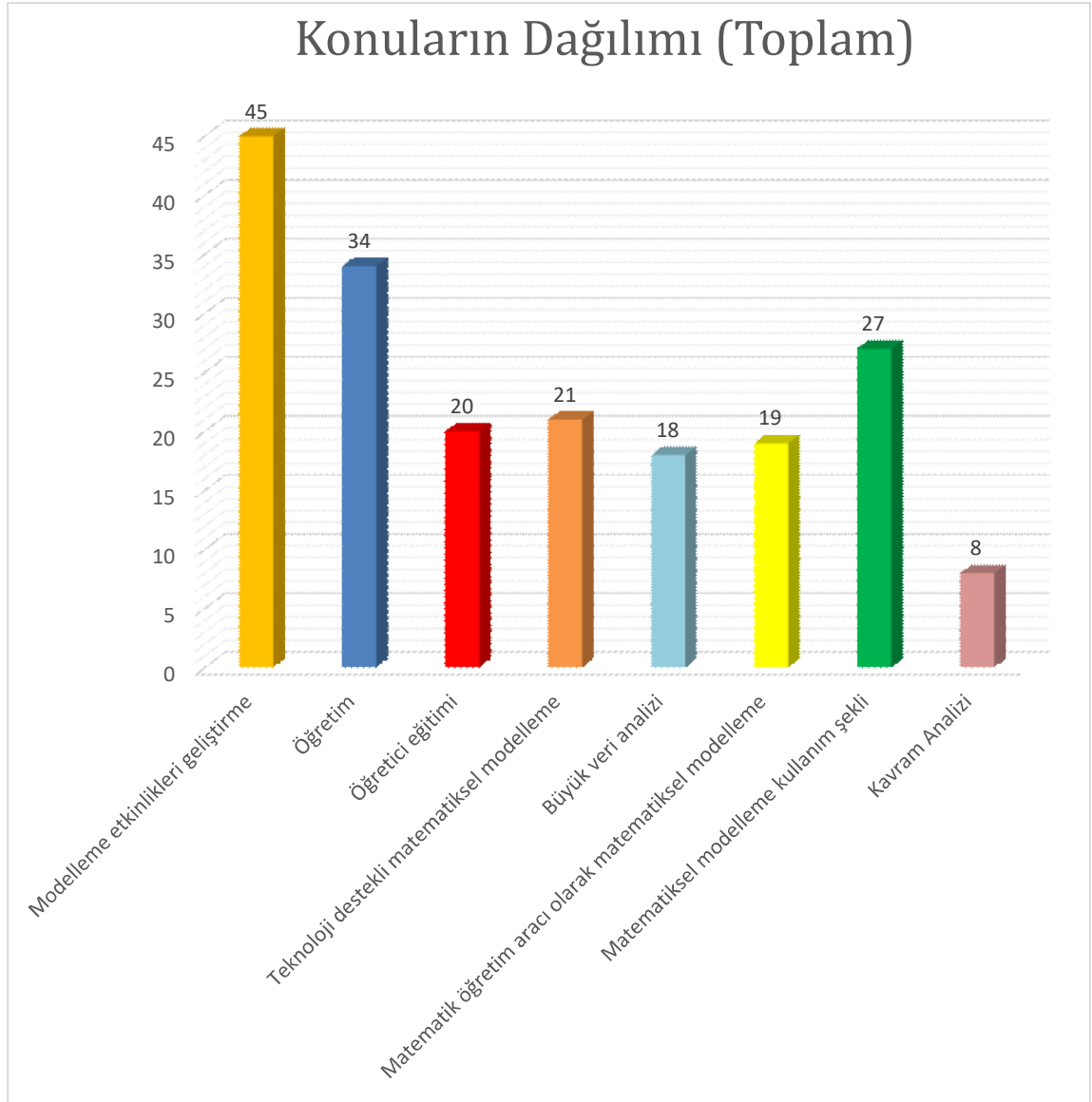
Matematiksel modelleme üzerine yapılan tezlerde ilgili bilim insanlarının ortaya çıkarılmasında bir diğer teknik olan atıflara ait yoğunluk analizi sonuçları Şekil 4.9.’da sunulmuştur.



Şekil 4.9. Tez atıflarına ait yoğunluk analizi sonuçları

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi tez atıflarına ait yoğunluk analizi sonuçlarına bakıldığında bu alanda en çok atıf alan araştırmacının Dr. Bruce Vogeli olduğu görülmektedir.

Matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili ulusal ve uluslararası yüksek lisans ve doktora tez konularının dağılımı ve yıllara göre değişimleri Şekil 4.10., Şekil 4.11. ve Tablo 4.7.’de sunulmuştur.



Şekil 4.10. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının genel dağılımı

Matematiksel modelleme konularının dağılımına bakıldığında; en yaygın konu, 45 çalışmayla modelleme etkinlikleri geliştirme olmuştur. Bunu, 34 çalışma ile öğretim ve 27 çalışma ile matematiksel modelleme kullanım şekli izlemektedir. Diğer öne çıkan konular arasında teknoloji destekli matematiksel modelleme (21 çalışma), öğretici eğitimi (20 çalışma), matematiksel modellemenin matematik öğretim aracı olarak kullanımı (19 çalışma) ve büyük veri analizi (18 çalışma) yer almaktadır. Kavram analizi ise daha az incelenmiş olup 8 çalışmada ele alınmıştır.

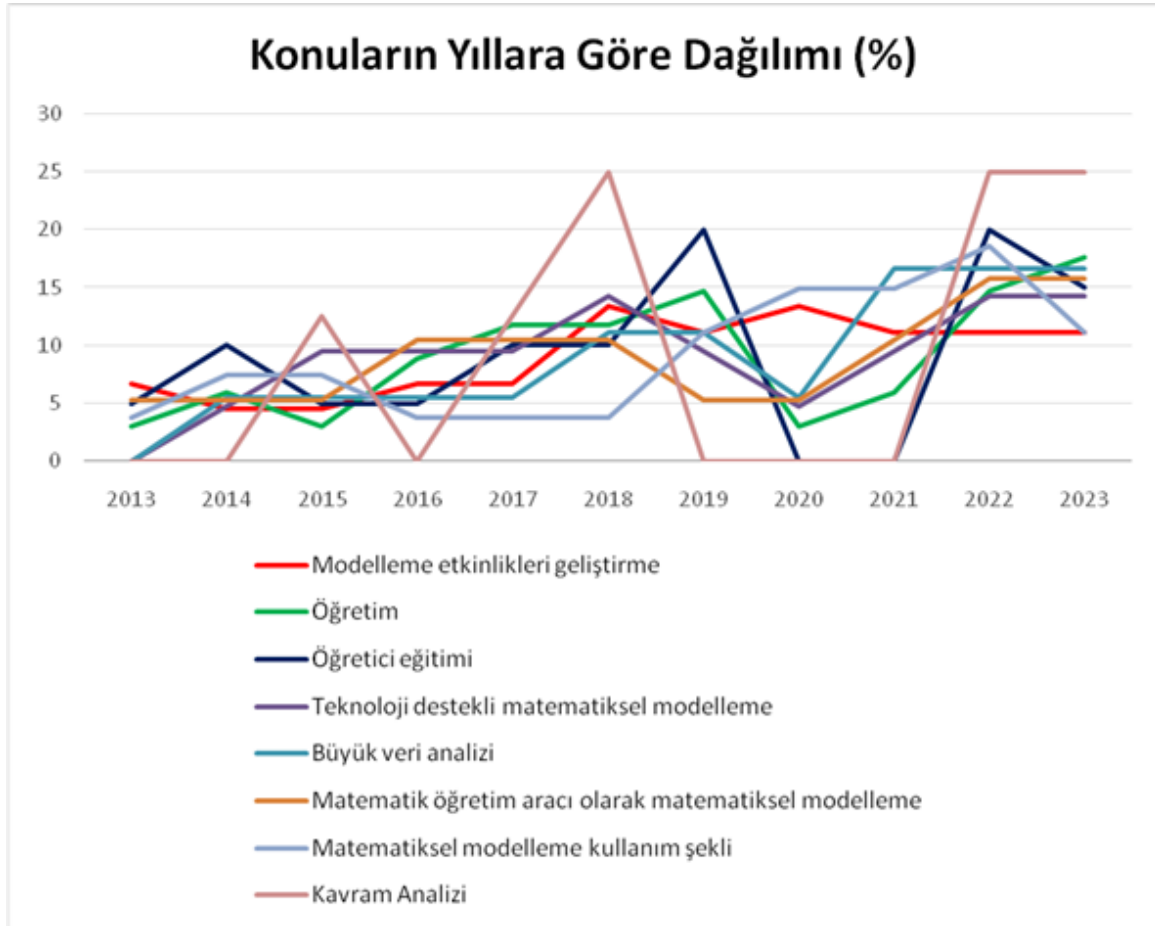
Tablo 4.7. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının yıllara göre değişimleri

Konu	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Toplam
Modelleme etkinlikleri geliştirme	3	2	2	3	3	6	5	6	5	5	5	45
Öğretim	1	2	1	3	4	4	5	1	2	5	6	34
Öğretici eğitimi	1	2	1	1	2	2	4	0	0	4	3	20
Teknoloji destekli matematiksel modelleme	0	1	2	2	2	3	2	1	2	3	3	21
Büyük veri analizi	0	1	1	1	1	2	2	1	3	3	3	18
Matematik öğretim aracı olarak matematiksel modelleme	1	1	1	2	2	2	1	1	2	3	3	19
Matematiksel modelleme kullanım şekli	1	2	2	1	1	1	3	4	4	5	3	27
Kavram Analizi	0	0	1	0	1	2	0	0	0	2	2	8
Toplam												192

2013-2023 yılları arasında tez konularının yıllara göre dağılımına bakıldığında; modelleme etkinlikleri geliştirme konusu, tüm yıllar boyunca düzenli olarak çalışılmış olup, özellikle 2018 ve sonrasında yüksek sayılarda ele alınmıştır. Bu konu, her yıl 2 ile 6 tez arasında değişmiş ve toplamda 45 tezle en çok çalışılan alan olmuştur. Öğretim konusu, 2017'den itibaren artan bir ilgi görmüş ve 2023'te en yüksek sayıya (6 tez) ulaşmıştır. 34 tez ile bu alan ikinci sırada yer almaktadır. Öğretici eğitimi ise daha düzensiz bir dağılım sergileyerek, özellikle 2019'da hiçbir tez yapılmazken, diğer yıllarda ortalama 2-4 tez arasında kalmıştır. Bu alan toplamda 20 tezle önemli bir yer tutmaktadır. Teknoloji destekli matematiksel modelleme yıllık tez sayısı sabit kalmış, en yüksek yayın 2018, 2022 ve 2023 yıllarında 3 tez ile gerçekleşmiştir. Bu konu 21 tezle öne çıkmaktadır.

Büyük veri analizi konusu 2017'den itibaren artış göstermiş, özellikle son yıllarda (2021-2023) yoğunlaşarak her yıl 3 tezle katkıda bulunmuştur. Bu alanda toplamda 18 tez yazılmıştır. Matematik öğretim aracı olarak matematiksel modelleme, 2017'den itibaren artış göstermiş ve son üç yıl boyunca her yıl 3 tezle sabit bir ilgiye konu olmuştur. Bu alanda toplam 19 tez üretilmiştir. Matematiksel modelleme kullanım şekli de özellikle 2019-2022 yılları arasında yüksek ilgi görmüş, her yıl 3 ile 5 tez arasında değişen sayılarda çalışılmış ve toplamda 27 teze ulaşmıştır.

Kavram analizi ise diğer konulara kıyasla daha az incelenmiş, yalnızca 2015, 2017, 2018, 2022 ve 2023 yıllarında birkaç çalışmayla ele alınmış ve toplamda 8 tez üretilmiştir.



Şekil 4.11. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının yıllara göre dağılımı

Matematiksel modelleme üzerine yapılan tezlerin konularına ve öğrenme alanlarına göre yıllık dağılımı, bu alandaki akademik eğilimlerin ve gelişimlerin dikkatlice incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Bulgulara göre modelleme etkinlikleri geliştirme konusu, 45 tezle en yaygın olarak çalışılan alan olmuştur. Bu durum, matematiksel modelleme etkinliklerinin eğitimdeki uygulama alanının genişliğini ve önemini ortaya koymaktadır (Albayrak, 2017; Koç, 2020; Ünlü, 2020). Modelleme etkinlikleri, matematiksel kavramların daha somut ve anlaşılır bir şekilde öğretilmesine yardımcı olduğu için hem öğretmenler hem de öğrenciler açısından pedagojik değere sahiptir (Eryiğit, 2022).

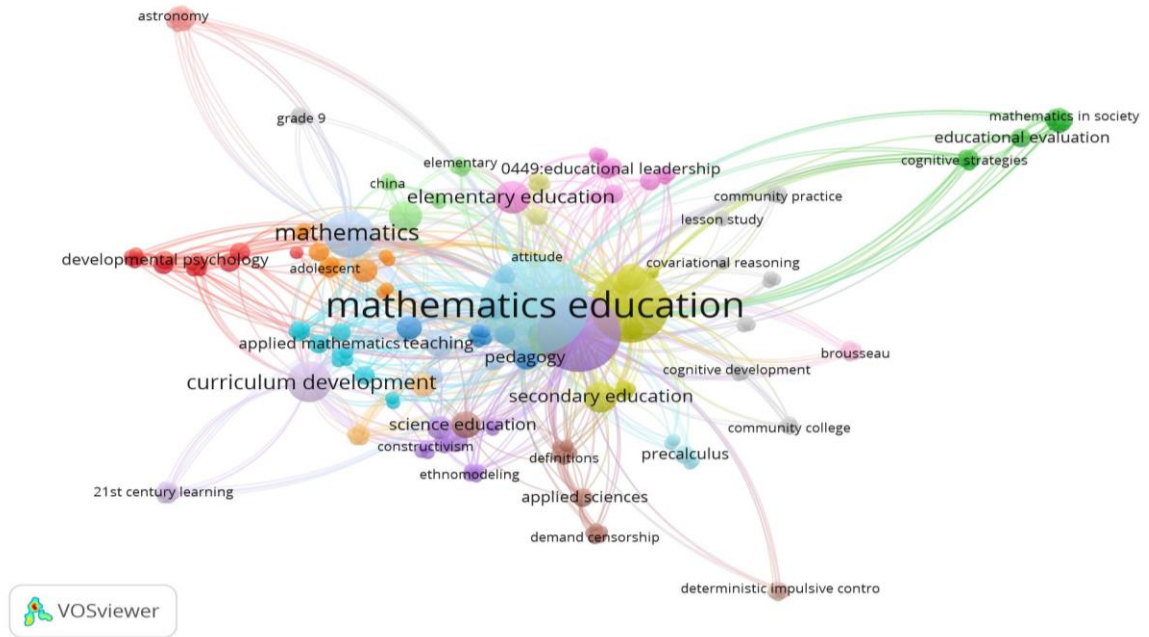
Öğretim konusunun 34 çalışmayla ikinci sırada yer alması, matematiksel modelleme konusunun eğitimdeki pratik uygulamaları üzerinde önemli bir ilgi odağı haline geldiğini göstermektedir. 2017 yılından itibaren bu alanda artan tez sayısı, matematik öğretiminde modellemenin kullanımının giderek daha fazla önem kazandığını ortaya koymaktadır. Bu eğilimin 2023 yılında zirveye ulaşması, eğitimde modellemenin daha yaygın bir öğretim stratejisi olarak benimsendiğine işaret etmektedir. Ayrıca, öğretici eğitimi üzerine yapılan 20 tez de matematik öğretmenlerinin bu alandaki bilgi ve becerilerini geliştirme çabalarını desteklemektedir.

Matematiksel modellemenin kullanım şekli, 27 tezle öne çıkan bir başka konudur. 2019-2022 yılları arasında bu alandaki ilginin artmış olması, bu dönemde eğitimde matematiksel modelleme kullanımının etkinliğini sorgulayan ve araştıran çalışmaların yoğunlaştığını göstermektedir. Bu artış, öğretim yöntemlerinde modellemenin pedagojik değerinin daha iyi anlaşılması ve eğitim süreçlerine entegre edilmesinin bir sonucu olabilir (Sönmez, 2016). Modelleme yöntemlerinin öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmedeki etkisi üzerine yapılan çalışmaların bu ilgi artışında payı olduğu söylenebilir. Teknoloji destekli matematiksel modelleme ise, toplamda 21 tezle önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. 21. yüzyılın getirdiği dijital dönüşüm, matematik eğitiminin dijital araçlar ve teknolojilerle desteklenmesi ihtiyacını doğurmuştur (Gopal, 2020). Bu bağlamda, teknoloji kullanarak matematiksel modelleme yapan öğrencilerin, soyut matematiksel kavramları daha iyi anladığı ve uyguladığı görülmektedir (Albayrak, 2017).

Büyük veri analizi ile matematiksel modelleme arasında kurulan ilişki de bu alandaki araştırmaların artmasına katkıda bulunmuş olabilir. Büyük veri analizi konusunun 2017 yılından itibaren artış göstermesi ve 2021-2023 yılları arasında sürekli olarak alana katkı sağlanması, sistematik tarama, meta-analiz, meta tematik analiz ve bibliyometrik analiz gibi ikincil veri araştırmalarının giderek daha fazla kullanıldığını göstermektedir. Bu eğilim, dijital çağın getirdiği veriye erişim kolaylığı ile açıklanabilir. Büyük veri analizi, öğrencilerin ve öğretmenlerin matematiksel süreçleri anlamalarında daha geniş bir perspektif sunarak modelleme sürecini zenginleştirmiştir (Donthu ve ark. 2021). Bu alanın son yıllarda popülerlik kazanması, gelecekte de veri odaklı araştırmaların ve eğitim modellerinin yaygınlaşacağını göstermektedir.

Matematiksel modelleme kullanım şeklinin matematik öğretim aracı olarak 2017’den itibaren sabit bir ilgi görmesi, bu yöntemin öğretimde kalıcı bir strateji haline geldiğini ortaya koymaktadır. 19 tezin bu alana yoğunlaşmış olması, modellemenin matematiksel kavramları açıklamada etkin bir yöntem olduğunu göstermektedir. Bu sonuç benzer şekilde Aztekin ve Şener (2015) ve Albayrak ve Çiltaş'ın (2017), çalışmalarıyla örtüşmektedir. Modelleme, öğrencilere gerçek yaşam problemlerini çözme ve soyut kavramları anlamlandırma fırsatı sunduğundan, matematik öğretiminde sürdürülebilir bir araç olarak değerlendirilebilir (Sönmez ve Şahin, 2016; Alkan ve Aydın, 2019). Kavram analizi gibi daha az ilgi gören konular, yalnızca 8 teze sınırlı kalmıştır. Bu durum, kavramsal analizlerin matematiksel modellemede henüz tam anlamıyla keşfedilmediğini veya uygulamada yeterli ilgiyi görmediğini göstermektedir. Kavram analizi üzerine yapılacak yeni çalışmalar, bu alanın teorik altyapısını güçlendirebilir ve modelleme süreçlerine yeni bir boyut kazandırabilir.

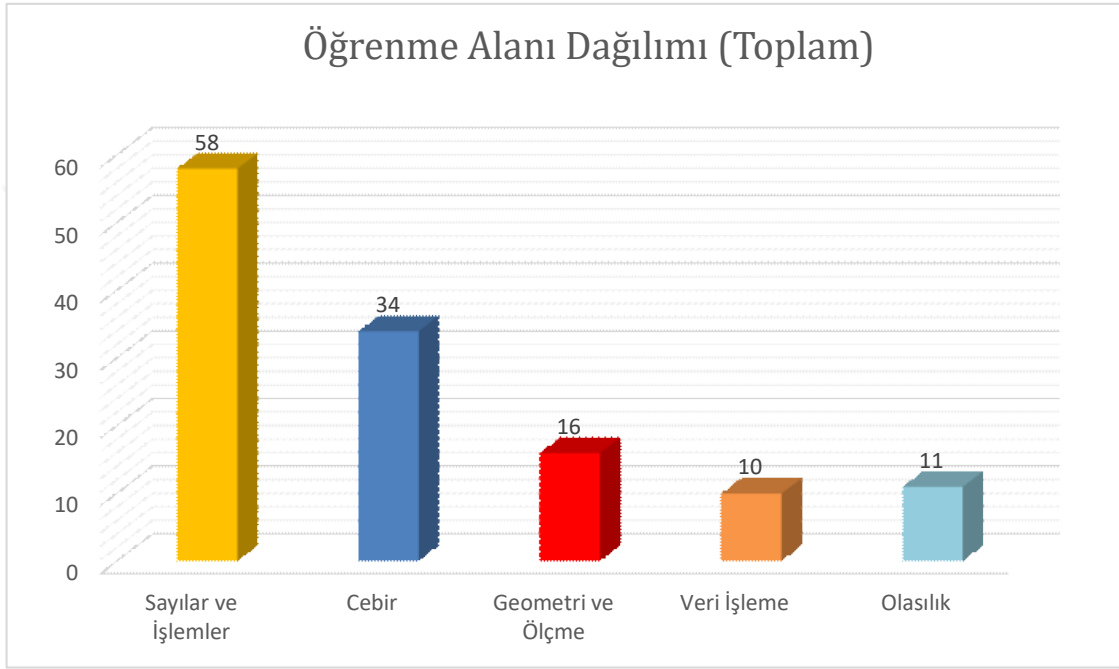
Tezlerin konu ve temalarını belirlemede kullanılan bir diğer yöntem de anahtar kelimelerin yoğunluk analizidir. Bu bağlamda yapılan anahtar kelime analizi Şekil 4.11.’de sunulmuştur.



Şekil 4.11. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerde yer alan anahtar kelimelerin yoğunluk analizi

Şekil 4.11.'e bakıldığında; tezlerde yer alan anahtar kelimelerin matematik eğitimi, uygulamalı matematik öğretimi, modelleme, matematik, program geliştirme, ortaokul eğitimi, bilişsel stratejiler, toplumda matematik, tutum, 21. Yüzyıl becerileri ve yapılandırmacılık gibi kelimelere yoğunlaştığı görülmektedir.

Tezlerin öğrenme alanlarının toplam dağılım ve yıllara göre değişimleri Şekil 4.12.'de sunulmuştur.



Şekil 4.12. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının öğrenme alanlarının dağılımı

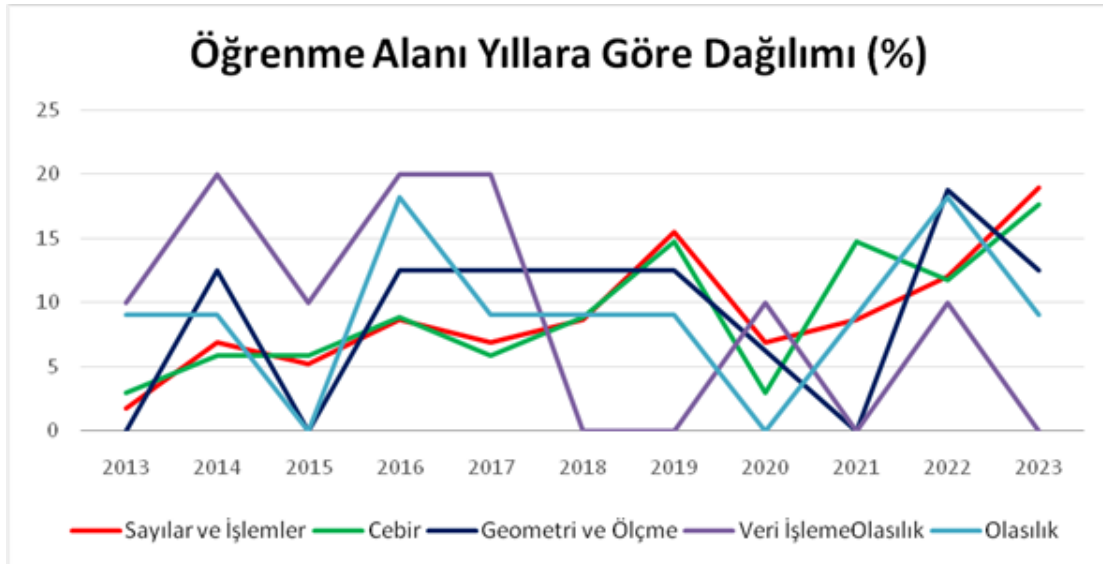
Öğrenme alanlarının dağılımına bakıldığında; en fazla çalışılan alan 58 tez ile "Sayılar ve İşlemler" konusudur. Bunu, 34 tez ile "Cebir" takip etmektedir. Diğer alanlar ise daha az incelenmiş olup, "Geometri ve Ölçme" 16 tez, "Olasılık" 11 tez ve "Veri İşleme" 10 tez ile temsil edilmektedir. Bu dağılım, sayılar ve işlemler konusunun en çok odaklanılan öğrenme alanı olduğunu göstermektedir.

Öğrenme alanları Matematik Dersi Program'ında (2018) Sayılar ve İşlemler, Veri İşleme, Geometri ve Ölçme, Cebir ve Olasılık şeklinde ayrılmaktadır. Tezlerin öğrenme alanlarının toplam yıllara göre değişimleri Tablo 4.8.'de sunulmuştur.

Tablo 4.8. Tezlerin öğrenme alanlarının yıllara göre değişimleri

Öğrenme Alanı	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Toplam
Sayılar ve İşlemler	1	4	3	5	4	5	9	4	5	7	11	58
Cebir	1	2	2	3	2	3	5	1	5	4	6	34
Geometri ve Ölçme	0	2	0	2	2	2	2	1	0	3	2	16
Veri İşleme	1	2	1	2	2	0	0	1	0	1	0	10
Olasılık	1	1	0	2	1	1	1	0	1	2	1	11

2013-2023 yılları arasında öğrenme alanlarında en çok incelenen alan, her yıl düzenli olarak çalışılan *Sayılar ve İşlemler* olup, 58 tezle toplamda en fazla yer tutmuştur. Özellikle 2023 yılında bu alanda 11 tez yapılmıştır. Cebir, 34 tezle ikinci sırada yer almış ve 2019 ve 2023 yıllarında yüksek tez sayısına ulaşmıştır. Geometri ve Ölçme alanında 16 tez yapılmış, bu konu özellikle 2014 ve 2022 yıllarında daha fazla çalışılmıştır. Veri İşleme alanı toplamda 10 tez ile daha az incelenmiş, 2018 ve sonrasında ilgide azalma görülmüştür. Olasılık alanı ise toplamda 11 tezle sınırlı kalmış, özellikle 2016 ve 2022 yıllarında daha fazla ilgi görmüştür.



Şekil 4.13. Matematiksel modelleme ile ilgili tez konularının öğrenme alanlarının yıllara göre dağılım

Öğrenme alanlarına göre yapılan dağılımda, "Sayılar ve İşlemler" konusu 58 tez ile en fazla çalışılan alan olmuştur. Bu durum, sayıların ve işlemlerin matematiksel modelleme sürecinde temel bir role sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle 2023

yılında bu alanda üretilen 11 tez, modelleme etkinliklerinin sayısal işlemlerle olan ilişkisinin daha derinlemesine incelendiğini göstermektedir. Sayılar ve işlemler, matematiksel modellemenin temeli olduğundan, bu alana olan ilginin artması beklenmektedir."Cebir" konusu, 34 tezle ikinci sırada yer almakta ve 2019 ile 2023 yıllarında yüksek tez sayısına ulaşmıştır. Cebirsel kavramlar, matematiksel modellemelerde sıklıkla kullanılan yapılar olduğundan, bu alandaki çalışmaların yoğunlaşması, modelleme süreçlerinin daha soyut matematiksel kavramlara uygulanma potansiyelini ortaya koymaktadır (Eryiğit, 2022).

"Geometri ve Ölçme" alanında 16 tez üretilmiş olup, bu alanın özellikle 2014 ve 2022 yıllarında daha fazla çalışılması, geometri ve modelleme arasındaki ilişkinin belirli dönemlerde yoğun olarak incelendiğini göstermektedir. Geometri, matematiksel modellemede görsel ve yapısal bir boyut kazandırdığı için bu alanda yapılan tez çalışmalarının önemi büyüktür. Öğrencilere geometrik kavramları modelleme yoluyla öğretmek, soyut geometri kavramlarını somutlaştırma açısından faydalı olabilir."Veri İşleme" alanı ise toplamda 10 tez ile daha az incelenmiş bir konu olarak öne çıkmaktadır. Özellikle 2018 sonrasında bu alana olan ilginin azalması, veri işleme tekniklerinin modelleme süreçlerindeki yerinin sınırlı kaldığını veya diğer alanlar kadar ilgi çekmediğini gösterebilir. Ancak, veri odaklı analizler ve veri işleme teknikleri, büyük veri analizi ile entegre edilebilir ve gelecekte bu alanın yeniden ilgi görebileceği öngörülebilir."Olasılık" alanı da 11 tezle sınırlı kalmış, özellikle 2016 yılında daha fazla ilgi görmüştür. Bu bulgu Eryiğit'in (2022) araştırma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Olasılık ve istatistiksel modelleme, matematiksel modelleme süreçlerinde önemli bir role sahip olmasına rağmen, bu alana olan ilginin daha az olması, olasılık teorisinin modelleme süreçlerindeki zorluğu veya diğer alanlar kadar yaygın kullanılmaması ile açıklanabilir.

4.2. İkinci Alt Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular ve Tartışma

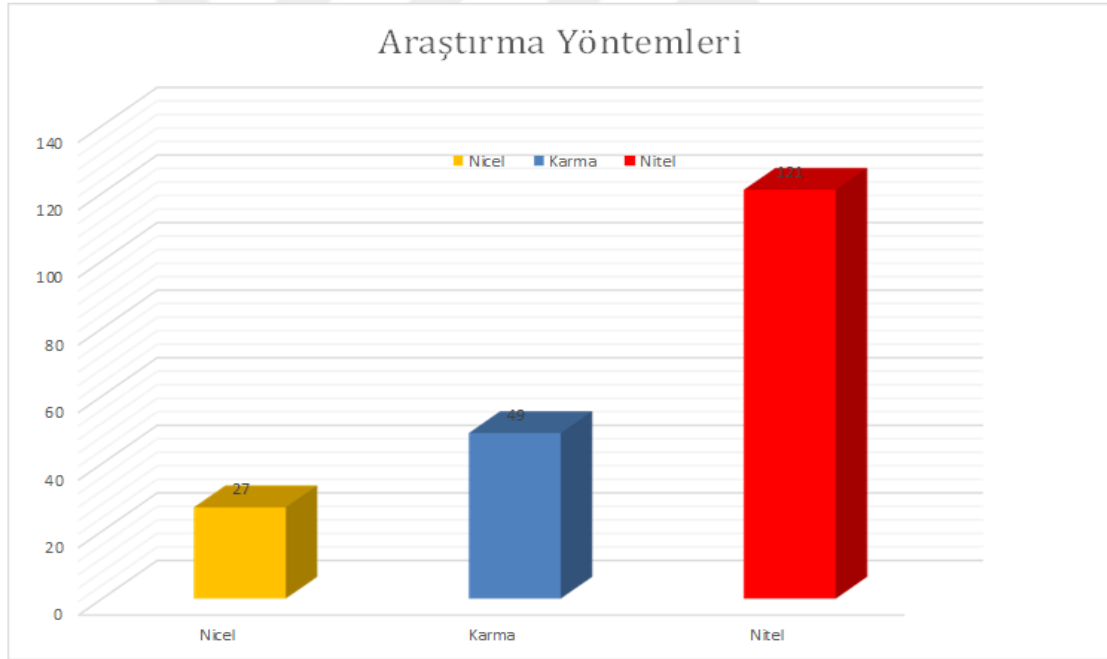
Matematik eğitimi alanında hazırlanan, matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezlerinin yöntemsel özelliklerinin, zaman içerisindeki dağılım ve değişimlerine yönelik analizler ikinci araştırma sorusu kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Bu bağlamda matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili ulusal ve uluslararası yüksek lisans ve doktora tezlerinin araştırma yöntemi dağılımları Tablo 4.9. ve Şekil 4. 14.'te sunulmuştur.

Tablo 4.9. Matematik eğitimi konusundaki tezlere ait araştırma yöntemi dağılımları

Değişken	Yöntem	Sayı (n)	%
Araştırma Yöntemi	Nitel	121	61,42
	Karma	49	24,87
	Nicel	27	13,71
Toplam		197	100,00

Tablo 4.9., tezlerde kullanılan araştırma yöntemlerinin dağılımını göstermektedir. En çok kullanılan yöntem, %61,42 ile nitel araştırma olup, 121 tez bu yöntemi kullanmıştır. Karma yöntem %24,87 oranıyla 49 tezde, nicel araştırma ise %13,71 oranıyla 27 tezde uygulanmıştır.



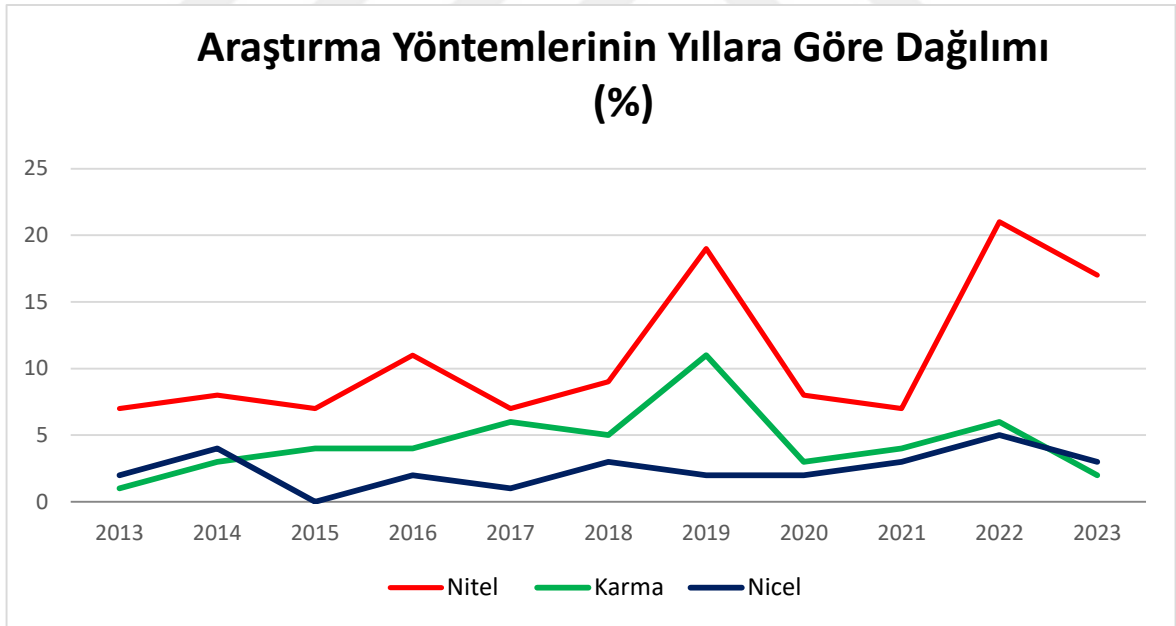
Şekil 4.14. Matematik eğitimi konusundaki tezlerin araştırma yöntemi dağılımları

Matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezlerinin araştırma yöntemlerinin yıllara göre değişimi Tablo 4.10. ve Şekil 4. 15.'te sunulmuştur.

Tablo 4.10. Matematik eğitimi konusundaki tezlere ait araştırma yöntemlerinin yıllara göre değişimi

Araştırma Yöntemi	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Toplam
Nitel	7	8	7	11	7	9	19	8	7	21	17	121
Karma	1	3	4	4	6	5	11	3	4	6	2	49
Nicel	2	4	0	2	1	3	2	2	3	5	3	27

Tablo 4.10.'a göre; nitel araştırma yöntemi 2019 yılında 19 tezle en en sık kullanılmış, özellikle 2022'de 21 tezle artış göstermiştir. Nitel araştırma yönteminin en az kullanıldığı yıllar 2013 ve 2015 olup, bu yıllarda bu yöntemle 7 tez yapılmıştır. Karma yöntem, 2019 yılında 11 tezle en yüksek seviyeye çıkmış, 2020-2021 döneminde ise daha düşük seviyelerde (3-4 tez) kullanılmıştır. Nicel araştırma ise en az tercih edilen yöntem olup, hiçbir tez yapılmadığı 2015 yılı dikkat çekicidir. En fazla kullanıldığı yıllar 2022 ve 2023 olup, her iki yılda da 5 ve 3 tezde yer almıştır. 2013 ve 2019 yıllarında bu yöntem sınırlı sayıda (2 tez) uygulanmıştır.



Şekil 4.15. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin araştırma yöntemlerinin yıllara göre dağılımı

Şekil 4.15. incelendiğinde de nitel araştırma yönteminin matematiksel modelleme tezlerinde en sık kullanılan yöntem olduğu görülmektedir.

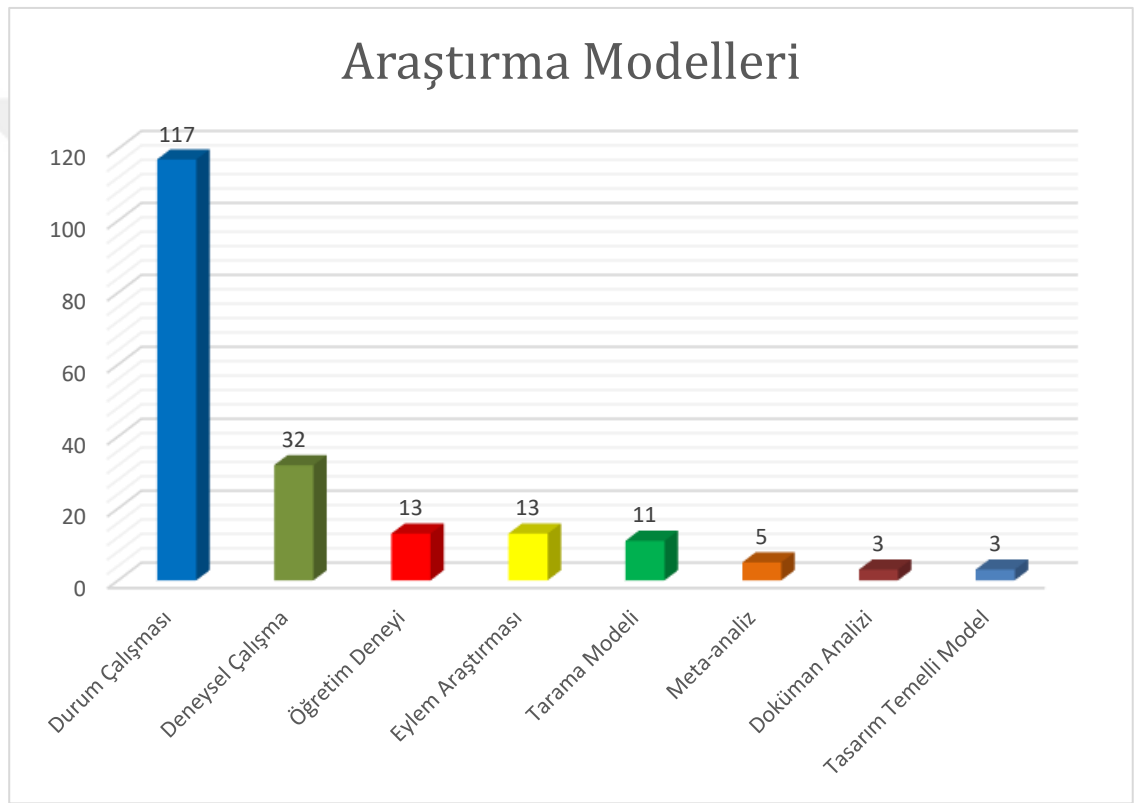
Araştırma yöntemlerinin yıllara göre dağılımı, tezlerde nitel araştırmaların öne çıktığını göstermektedir. Nitel araştırmaların %61,42 oranı ile baskın bir şekilde tercih edilmesi, araştırmacıların derinlemesine bilgi edinme ve bireylerin bakış açılarını daha detaylı anlamaya yönelik bir yaklaşımı benimsediklerini göstermektedir. Bu durum, eğitim alanında karmaşık süreçlerin anlaşılmasına ve yorumlanmasına katkı sağlarken, nicel araştırmalardan daha az tercih edilmesinin nedeni olarak, bu tür araştırmaların genellikle genel sonuçlar vermesi ve süreç odaklı analiz imkânı sunmaması gösterilebilir. Yurt dışındaki araştırmalarda da son yıllarda nitel yöntemlere olan ilginin arttığı görülmektedir (Kelly ve Lesh, 2000). Hart ve diğerleri (2009), 1995-2005 yılları arasında matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen çalışmaların yöntemlerini incelemişler ve bu dönemde nitel araştırma yöntemlerinin daha yaygın kullanıldığını tespit etmişlerdir. Bu bulgu, Türkiye'deki duruma da benzerlik göstermektedir (Göktaş ve diğerleri, 2012; Albayrak, 2017; Eryiğit, 2022). Göktaş ve diğerlerinin (2012) çalışmaları da nitel ve karma araştırma yöntemlerinin giderek daha fazla tercih edildiğini, buna karşılık nicel yöntemlerin etkisini kaybetmeye başladığını ortaya koymuştur. Karma yöntemlerin %24,87 oranında tercih edilmesi, araştırmacıların her iki yöntemin avantajlarını birleştirerek daha kapsamlı analiz yapmayı tercih ettiklerini göstermektedir. Karma yöntemlerin hem nitel hem de nicel verilerin birlikte analiz edilmesine olanak tanıdığı için özellikle 2019 yılından sonra sık kullanılması, bu yöntemin son dönemde daha fazla tercih edildiğini ortaya koymaktadır. Nicel araştırmaların %13,71 oranıyla daha az tercih edilmesi ise bu yöntemin eğitimdeki soyut süreçleri açıklama noktasında yeterince kapsamlı bilgi sunamamasıyla ilişkili olabilir.

Tezlerin araştırma modelleri açısından detayları Tablo 4.11. ve Şekil 4.16.'te sunulmuştur.

Tablo 4.11., tezlerde kullanılan araştırma modellerinin dağılımını göstermektedir. En yaygın model, %59,39 oranıyla durum çalışması olup, 117 tezde kullanılmıştır. Deneysel çalışma %16,24 ile ikinci sırada yer alırken, öğretim deneyi ve eylem araştırması %6,60 oranıyla 13'er tezde kullanılmıştır. Diğer modeller arasında, %5,58 ile tarama modeli, %2,54 ile meta-analiz ve %1,52 ile doküman analizi ve tasarım temelli model yer almaktadır.

Tablo 4.11. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin araştırma modellerinin dağılımı

Değişken	Model	Sayı (n)	%
Araştırma Modeli	Durum Çalışması	117	59,39
	Deneysel Çalışma	32	16,24
	Öğretim Deneyi	13	6,60
	Eylem Araştırması	13	6,60
	Tarama Modeli	11	5,58
	Meta-analiz	5	2,54
	Doküman Analizi	3	1,52
	Tasarım Temelli Model	3	1,52
Toplam		197	100,00



Şekil 4.16. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin araştırma modellerine göre dağılımı

Tezlerin araştırma modelleri açısından yıllara göre değişimini gösteren detaylar Tablo 4.12.'te sunulmuştur.

Tablo 4.12.'ye bakıldığında 2013-2023 yılları arasında tezlerde kullanılan araştırma modellerinin yıllara göre değişimini; durum çalışması, toplam 117 teze en yaygın kullanılan model olup, özellikle 2019 ve 2022 yıllarında sırasıyla 20 ve 21 teze en yüksek kullanım seviyelerine ulaşmıştır. Deneysel çalışma, 32 teze uygulanmış olup, en fazla 2014 ve 2019 yıllarında tercih edilmiştir. Diğer modeller arasında öğretim

deneyi ve eylem araştırması, 13 tezde yer almış; her iki model de en fazla 2022 ve 2023 yıllarında tercih edilmiştir. Tarama modeli ise 11 tezde kullanılmış ve yıllar içinde sınırlı bir kullanım göstermiştir. Meta-analiz, doküman analizi ve tasarım temelli model gibi diğer modeller ise nadiren kullanılmıştır.

Tablo 4.12. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin araştırma modellerinin yıllara göre değişimi

Araştırma Modeli	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Toplam
Durum Çalışması	8	7	8	10	7	7	20	8	5	21	16	117
Deneyisel Çalışma	1	6	0	2	2	4	7	2	5	3	0	32
Öğretim Deneyi	0	0	2	1	1	2	2	1	2	2	0	13
Eylem Araştırması	0	1	0	1	1	2	1	1	0	3	3	13
Tarama Modeli	1	0	0	1	0	2	1	1	2	2	1	11
Meta-analiz	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Doküman Analizi	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3
Tasarım Temelli Model	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	3

Araştırma modellerine bakıldığında, %59,39 oranıyla durum çalışmasının en yaygın model olarak öne çıkması, eğitim alanındaki çalışmalarda spesifik olayların derinlemesine incelenmesinin önemini göstermektedir. Bu bulgu Aztekin ve Şener'in (2015) araştırma sonuçlarıyla benzerdir. Durum çalışması modeli, araştırmacılara, bireysel vakalar üzerinde yoğunlaşarak daha ayrıntılı bilgi toplama ve sonuçları daha bütüncül bir şekilde yorumlama imkânı sunmaktadır. Bu modelin sık kullanılması, karmaşık eğitim süreçlerinin daha anlaşılır hale getirilmesi açısından önemli bir avantaj sağlamasına bağlıdır denebilir. Deneyisel çalışmaların %16,24 oranında tercih edilmesi, bazı araştırmaların genellikle belirli değişkenlerin etkisini gözlemlleme ihtiyacı doğrultusunda yapılmış olduğunu göstermektedir. Ancak bu yöntem, eğitim ortamlarında deneyisel koşulları oluşturma zorluğu nedeniyle daha az tercih edilmiş olabilir. Öğretim deneyi ve eylem araştırmalarının ise %6,60 oranında kullanılması, özellikle pratik eğitime yönelik uygulamaların araştırmalar içinde yer almasının önemini vurgulamaktadır.

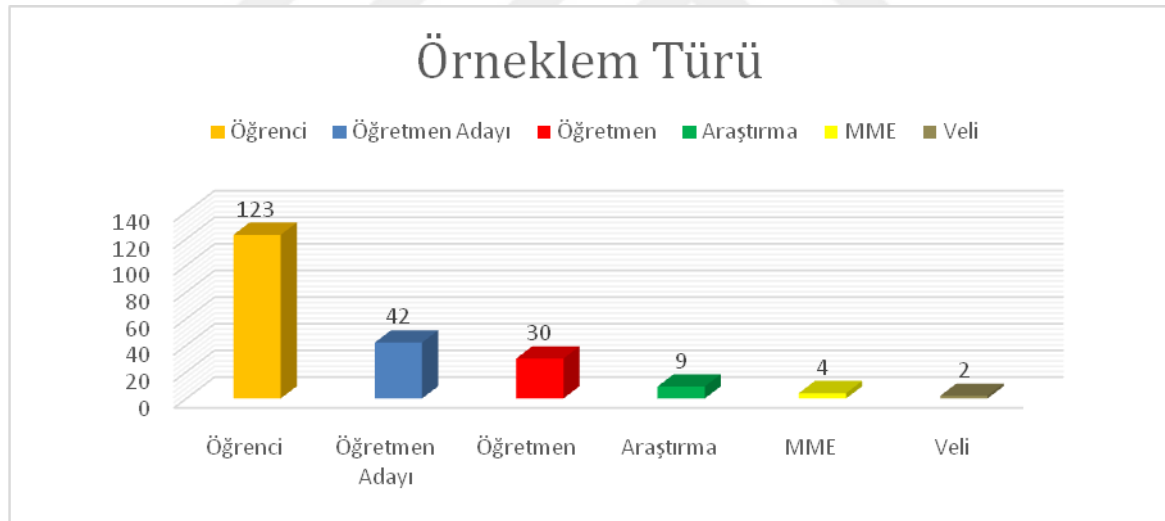
Matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin örneklem türlerine ait bilgiler Tablo 4.13. ve Şekil 4.16.'da sunulmuştur.

Tablo 4.13. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin örneklem türlerine göre dağılımları

Değişken	Örneklem	Sayı (n)	%
Örneklem Türü	Öğrenci	123	58,57
	Öğretmen Adayı	42	20,00
	Öğretmen	30	14,29
	Araştırma	9	4,29
	MME	4	1,90
	Veli	2	0,95
Toplam*		210	100,00

*Bazı araştırmalar birden fazla örneklem grubu ile çalıştığı için toplam sayı araştırma sayısından fazladır.

Tablo 4.13.'e göre; en yaygın örneklem türü, %58,57 ile öğrencilerdir ve 123 tezde araştırmanın merkezindedirler. Bunu %20,00 ile öğretmen adayları takip ederken, öğretmenler %14,29 oranıyla 30 tezde yer almıştır. Diğer örneklem türleri ise daha düşük oranlarda kullanılmış olup, araştırma örnekleme %4,29, MME %1,90 ve veli %0,95 oranında tercih edilmiştir.



Şekil 4.16. Matematiksel modelleme konusundaki tezlerin örnekleme göre dağılımı

Tablo 4.14 ve Şekil 4.17.'de tezlerin örneklem türlerine göre yıllar açısından değişimine yer verilmiştir.

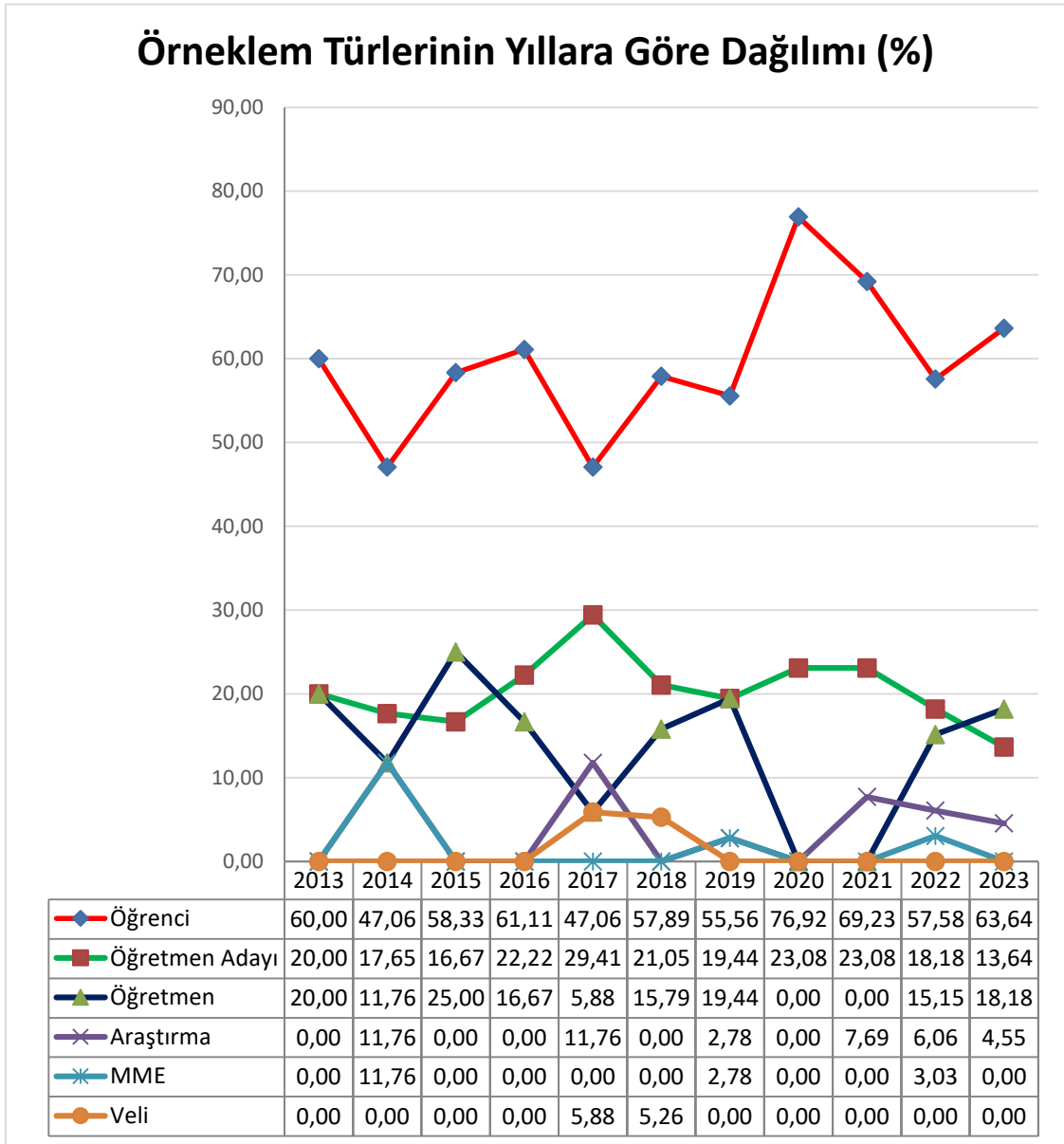
Tablo 4.14. Matematiksel modelleme tezlerin örneklem türlerine göre yıllar açısından değişimi

Örneklem Türü	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Toplam*
Öğrenci	6	8	7	11	8	11	20	10	9	19	14	123
Öğretmen Adayı	2	3	2	4	5	4	7	3	3	6	3	42
Öğretmen	2	2	3	3	1	3	7	0	0	5	4	30
Araştırma	0	2	0	0	2	0	1	0	1	2	1	9
MME	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4
Veli	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2

*Bazı araştırmalar birden fazla örneklem grubu ile çalıştığı için toplam sayı araştırma sayısından fazladır.

Tablo 4.14, tezlerde kullanılan örneklem türlerinin yıllara göre dağılımını ifade etmektedir. Öğrenci örnekleme, 2019'da 20 teze ulaşmış ve toplamda 123 tezde kullanılmıştır. Öğretmen adayları, 2017'de 5 teze dahil edilerek toplamda 42 tezde yer almış, 2019'da ise 7 teze dahil edilerek en fazla kullanım oranına ulaşmıştır. Öğretmen örnekleme toplamda 30 tezde yer almış olup, özellikle 2019'da 7 tezde kullanılmıştır.

Diğer örneklem türlerinden araştırma örnekleme toplamda 9 tezde yer almış, 2014 ve 2022 yıllarında bu türde artış gözlenmiştir. MME örnekleme sadece 4 tezde kullanılmış, bu türün kullanımı en fazla 2014 ve 2022'de görülmüştür. Veli örnekleme ise nadir tercih edilmiş ve toplamda sadece 2 tezde kullanılmıştır, 2017 ve 2018 yıllarında birer tezde yer almıştır.



Şekil 4.17. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin örneklem türlerine göre yıllar açısından dağılımı

Tezlerde en sık kullanılan örneklem türü %58,57 ile öğrencilerdir. Bu durum eğitim araştırmalarının hedef kitlesinin genellikle öğrenci grupları olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca bu bulgu eğitim politikaları ve öğretim stratejileri geliştirmek için öğrenci odaklı çalışmaların önemini ortaya koymaktadır. Bu bulgu Albayrak (2017), Koç (2020) ve Eryiğit'in (2022) araştırma sonuçlarıyla da paralellik göstermektedir. Öğretmenlerin %20,00, öğretmen adaylarının ise %14,29 oranında tercih edilmesi ise eğitim süreçlerinde öğretim kadrosunun rolünün daha fazla araştırılması gerektiğini göstermektedir. Öğretmen ve öğretmen adaylarının örneklem olarak kullanılma

oranlarındaki yıllara göre artış, öğretim süreçlerinin nasıl iyileştirilebileceğine yönelik bir ilginin arttığını göstermektedir.

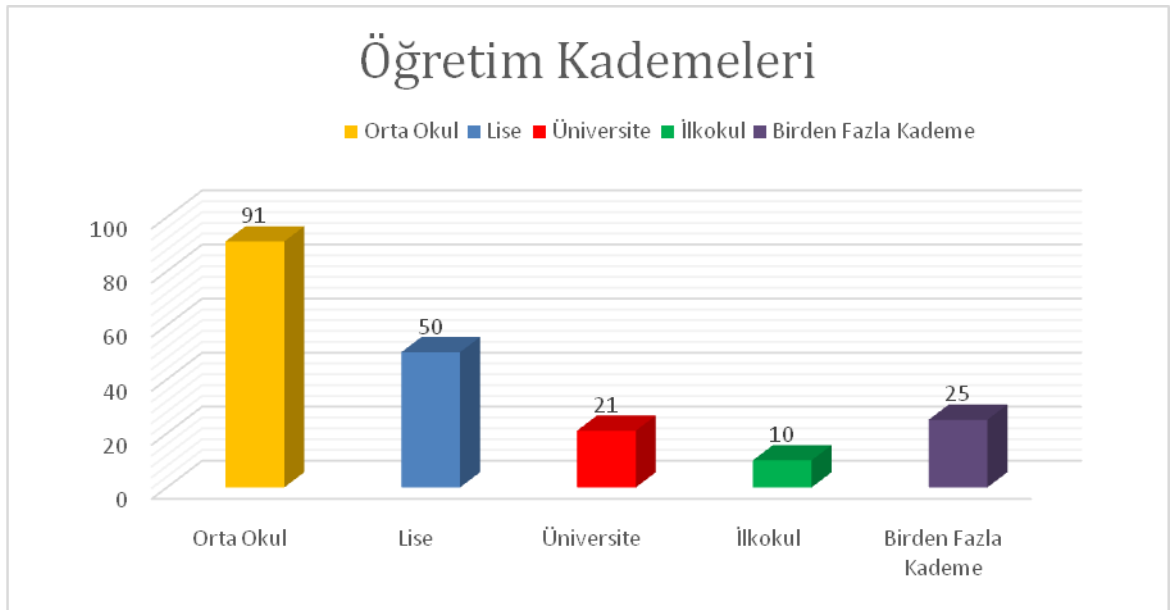
Tablo 4.14. ve Şekil 4.18. tezlerin yoğunlaştığı öğretim kademelerine göre örneklem dağılımları sunulmuştur.

Tablo 4.14. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin yoğunlaştığı öğretim kademelerine göre dağılımı

Değişken	Kademe	Sayı (n)	%
Öğretim Kademesi	Ortaokul	91	46,19
	Lise	50	25,38
	Üniversite	21	10,66
	İlkokul	10	5,07
	Birden Fazla Kademe*	25	12,69
Toplam		197	100,00

*Kademelerden bağımsız ya da birden fazla kademe içeren çalışmalar

Tablo 4.14., tezlerin öğretim kademelerine göre dağılımını göstermektedir. Tezlerin büyük bir kısmı ortaokul kademesinde yoğunlaşmış olup, 91 tezle (%46,19) en yüksek oranı oluşturmaktadır. Bunu, lise düzeyindeki 50 tez (%25,38) ve üniversite kademesindeki 21 tez (%10,66) takip etmektedir. İlkokul düzeyinde 10 tez (%5,07) yapılmışken, birden fazla kademeyi kapsayan tezlerin sayısı ise 25 (%12,69) olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.18. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin öğretim kademelerine göre dağılımı

Tablo 4.15.'te tezlerin yoğunlaştığı sınıf seviyelerine göre dağılımları sunulmuştur.

Tablo 4.15. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin yoğunlaştığı sınıf seviyelerine göre dağılımı

Değişken	Sınıf	Sayı (n)	%
Öğretim Kademesi/Sınıf Bilgisi	2. Sınıf	2	1,02
	4. Sınıf	8	4,06
	5. Sınıf	10	5,08
	6. Sınıf	23	11,68
	7. Sınıf	37	18,78
	8. Sınıf	21	10,66
	9. Sınıf	18	9,14
	10. Sınıf	17	8,63
	11. Sınıf	15	7,61
	Öğretmen Adayları	21	10,66
	Birden fazla sınıf	25	12,69
Toplam		197	100,00

Tablo 4.15.'e göre; en fazla çalışma 7. sınıf düzeyinde (%18,78) yapılmış, bunu sırasıyla 8. sınıf (%12,69) ve 6. sınıf (%11,68) takip etmiştir. En az çalışma ise 2. sınıf düzeyinde (%1,02) gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, tezlerin birden fazla sınıfı kapsayan çalışmalarda da kayda değer bir yoğunluk (%10,66) gözlenmiştir. Genel olarak, ortaokul seviyesindeki sınıflar üzerinde yoğunlaşan tezler, özellikle 7. ve 8. sınıflarda belirgin bir yoğunluk söz konusudur.

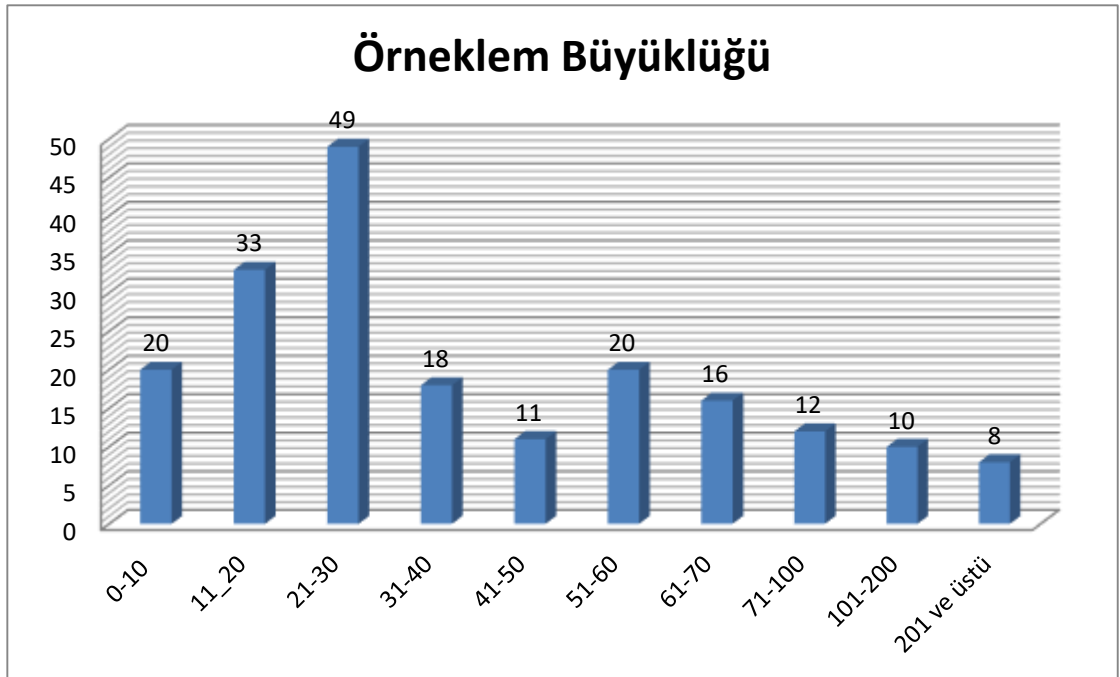
Öğretim kademelerine göre tezlerin en fazla ortaokul kademesinde yapılması, bu dönemin eğitim açısından kritik bir geçiş süreci olmasıyla ilişkilendirilebilir. Ortaokul dönemi, öğrencilerin temel akademik becerilerini pekiştirdikleri ve daha soyut düşünme becerileri geliştirdikleri bir dönem olduğu göz önüne alınırsa bu kademede daha fazla araştırma yapılması beklenen bir durumdur (Demirbilek, 2022). Lise düzeyinde %25,38 ve üniversite düzeyinde %10,66 oranında tez yapılması, eğitim seviyesinin artmasıyla birlikte araştırmaların azaldığını gösterse de bu kademelere yönelik araştırma imkanlarının artırımı ile ilgili araştırma katetmeleri genişletilebilir.

Matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin örneklem büyüklüğüne ait bilgiler Tablo 4.16. ve Şekil 4.19.'da sunulmuştur.

Tablo 4.16. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin örneklem büyüklüğüne yönelik bilgiler

Değişken	Örneklem Büyüklüğü	Sayı (n)	%
Örneklem Büyüklüğü Aralıkları	0-10	20	10,15
	11-20	33	16,75
	21-30	49	24,87
	31-40	18	9,14
	41-50	11	5,58
	51-60	20	10,15
	61-70	16	8,12
	71-100	12	6,09
	101-200	10	5,08
	201 ve üstü	8	4,06
Toplam		197	100,00

Tablo 4.16., tezlerin örneklem büyüklüklerine ilişkin dağılımını göstermektedir. Verilere göre, en yaygın örneklem grubu aralığı 21-30 arası olup %24,87'lik bir oranla öne çıkmaktadır. Bunu, %16,75 ile 11-20 arası, %10,15 ile 0-10 ve 51-60 arası örneklem büyüklüğüne sahip çalışmalar takip etmektedir. Örneklem büyüklüğü 201 ve üstü olan çalışmalar ise en düşük oranda (%4,06) temsil edilmektedir. Genel olarak, tezlerin çoğunluğu 30'a kadar olan örneklem büyüklüklerine odaklanmış olup, 51-60 aralığında belirli bir artış söz konusudur. Daha büyük örneklemlemlerle yapılan çalışmalar ise sınırlıdır.



Şekil 4.19. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin örneklem büyüklüğüne göre dağılımları

Örneklem büyüklüklerine göre dağılımda, 21-30 aralığındaki örneklemelerin %24,87 oranıyla en yaygın aralık olması, küçük ölçekli, deneysel ya da eylem araştırması gibi araştırmalarda daha uygun ve yönetilebilir olduğunu göstermektedir. Özellikle öğretim alanındaki araştırmalarında küçük grupların incelenmesi, bireylerin öğrenme süreçlerini daha ayrıntılı bir şekilde gözlemlemeyi kolaylaştırmaktadır. 51-60 aralığında bir artışın görülmesi daha geniş çaplı araştırmalara başlanan seviye olduğu için öne çıkmaktadır. Ancak, 201 ve üzeri örneklem büyüklüklerinin düşük oranda (%4,06) tercih edilmesi, büyük ölçekli çalışmaların sınırlı kaynaklar ve zaman gerektirmesi gibi sebeplerden dolayı daha az tercih edildiğini göstermektedir. Standart testlerle bu sayıya ulaşmaya çalışan araştırmacıların daha fazla örneklem grubuna erişimde engellerle karşılaşması, öğrenci cevaplarının ilişkileri ortaya çıkarmadaki tutarsızlığı ya da bu tür araştırmaların derinlemesine inceleme imkânı sunmaması gibi nedenler yüksek örneklem grubu çalışmalarının az olmasına gerekçe sunulabilir.

Araştırmaların veri toplama araçlarına göre dağılımları bir diğer alt araştırma sorusudur. Tablo 4.17. ve Tablo 4.18.'de matematik eğitimi alanında hazırlanan matematiksel modelleme ile ilgili tezlerin veri toplama araçlarına ait bulgular sunulmuştur.

Tablo 4.17. Matematiksel modelleme ile ilgili tezlerde kullanılan veri toplama araçlarına ait bulgular

Değişken	Araçlar	Sayı (n)	%
Veri Toplama Araçları	Görüşme formu	123	37,39
	Ses ve video kayıt	55	16,72
	Gözlem formu	54	16,41
	Likert tipi ölçek	25	7,60
	Yazılı doküman	19	5,78
	Akademik başarı testi	18	5,47
	Çalışma kağıtları	12	3,65
	Rubrik	11	3,34
	Günlük	8	2,43
	Yapılandırılmış girid	4	1,22
Toplam		329	100,00

Tablo 4.17.'de tezlerde kullanılan veri toplama araçlarının dağılımını sunulmuştur. En sık kullanılan veri toplama aracı %37,39 ile görüşme formu olmuştur. Ses ve video kayıtları %16,72'lik temsiliyetle ikinci sırada yer almaktadır. Üçüncü olarak %16,41 ile gözlem formları gelmektedir. Diğer veri toplama araçları arasında Likert tipi ölçek (%7,60), yazılı dokümanlar (%5,78), akademik başarı testi (%5,47),

çalışma kâğıtları (%3,65), rubrik (%3,34), günlük (%2,43) ve yapılandırılmış grid (%1,22) daha az tercih edilmiştir. Genel olarak, nitel veri toplama araçlarının tezlerde daha yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Veri toplama araçlarının kullanımında, görüşme formunun en yaygın araç olarak kullanılması, araştırmacıların nitel verilere olan ilgisini yansıtmaktadır. Görüşme formlarının derinlemesine bilgi edinmek ve katılımcıların görüşlerini daha detaylı bir şekilde değerlendirmek amacıyla sıkça tercih edilmesi, nitel araştırmaların bu kadar yaygın kullanılmasının bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

Standart veri toplama araçlarının isimleri ve geliştiren araştırmacılara ait bilgiler Tablo 4.18.'de sunulmuştur.

Tablo 4.18. Standart veri toplama araçlarının isimleri ve geliştiren araştırmacılara ait bilgiler

Ölçek Adı	Araştırmacı	Sayı (n)
Matematiksel Modelleme Özyeterlik Ölçeği	Koyuncu ve diğ. (2016)	6
Matematiksel Modelleme Özyeterlik Ölçeği	Stohlmann ve Yang (2021)	3
Matematiksel Modelleme Tutum Ölçeği (MMTÖ)	Demir ve diğ. (2023)	3
Matematiksel Modelleme Beceri Testi	Lesh ve Doerr (2003)	3
Matematiksel İlişkilendirme Öz Yeterlik Ölçeği	Özgen ve Bindak (2018)	3
Modelleme Yeterliği Değerlendirme Rubriği	Lesh ve Doerr (2003)	3
Okuduğunu Anlama Becerisi Testi	Karabay (2015)	3
Matematik Okuryazarlığı Başarı Düzeyini Belirleme Ölçeği	PISA (OECD, 2012)	3
Problem Kurma Beceri Testi Puanlama Cetveli	Silver ve Cai (1996)	3
Problem Çözümüne Kavramsal/İşlemsel Yaklaşım İnanç Ölçeği	NCTM (National Council of Teachers of Mathematics)	
Matematiksel Problem Çözme Tutum Ölçeği	Zan ve Martino (2007)	3
Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi Ölçeği	Schmidt ve diğ. (2009)	3
Eleştirel Düşünme Beceri Testi	Ennis ve Weir (1985)	2
STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği	Freitag ve diğ. (2014)	2
STEM Motivasyon Ölçeği	Kier ve diğ. (2014)	2
Eleştirel Düşünme Eğilim Ölçeği	Facione (1990)	2
Görsel Okuryazarlık Özyeterlik Algı Ölçeği	İlhan ve diğ. (2018)	2
Bilimsel Epistemolojik İnançlar Ölçeği	Conley ve diğ. (2004)	2
Matematik Tutum Ölçeği	Aiken (1974)	2
Matematik İnanç Ölçeği	Schoenfeld (1989)	1
Problem Çözme Becerisi Belirleme Ölçeği (PÇBBÖ)	Heppner ve Petersen (1982)	1
Van Hiele Geometri Testi	Van Hiele (1957)	1

Tablo 4.18.'de standart veri toplama araçları ve bu araçları geliştiren araştırmacılar yer almaktadır. Matematiksel modelleme, problem çözme, tutum ve özyeterlik gibi farklı becerilere yönelik ölçekler ve testler öne çıkmaktadır. Koyuncu ve

arkadaşları (2016) tarafından geliştirilen Matematiksel Modelleme Özyeterlik Ölçeği tezlerde en sık kullanılan veri toplama aracıdır. Ayrıca yine aynı amaçla Stohlmann ve Yang (2021) tarafından geliştirilen Matematiksel Modelleme Özyeterlik Ölçeği araştırmalarda sık kullanılmıştır. Ayrıca, Matematiksel Modelleme Tutum Ölçeği (MMTÖ) Demir ve arkadaşları (2023), Matematiksel İlişkilendirme Öz Yeterlik Ölçeği Özgen ve Bindak (2018) ve Matematiksel Modelleme Beceri Testi Lesh ve Doerr (2003) tarafından literatüre kazandırılmış olup tezlerde sıkça kullanılmaktadır. Tabloda eleştirel düşünme, STEM motivasyonu ve görsel okuryazarlık gibi çeşitli becerilere yönelik veri toplama araçlarının da yer aldığı görülmektedir.

Aztekin ve Taşpınar-Şener (2015)'in matematiksel model ve modelleme çalışmalarında betimsel analizi araştırmalarının öne çıktığı bulgusu ile de desteklenebilir. Nicel analiz yöntemleri arasında bağımlı örneklem t-testi %7,37 oranıyla en sık kullanılan yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, araştırmaların genellikle aynı örneklem üzerinde değişikliklerin etkisini incelemeye yönelik olduğunu göstermektedir. Bağımsız örneklem t-testinin %6,09 oranında kullanılması ise farklı gruplar arasında karşılaştırmalar yapılmasına duyulan ilginin olduğunu, ancak bu tür çalışmaların nitel çalışmalar kadar yaygın olmadığını ortaya koymaktadır.

Koyuncu ve diğerleri (2016) tarafından geliştirilen Matematiksel Modelleme Özyeterlik Ölçeği'nin, standart veri toplama araçları arasında en yaygın kullanılan olması, bu ölçeğin hem geçerliliği hem de güvenilirliği açısından akademik çevrede geniş kabul gördüğünü göstermektedir. Bu ölçeğin sık kullanımı matematiksel modelleme yeteneklerinin ölçülmesindeki metodolojik yaklaşımından da kaynaklanabilir. Matematiksel modelleme, öğrencilerin gerçek dünya problemlerini matematiksel terimlerle ifade etme ve çözme becerilerini içermektedir (Hıdıroğlu ve Güzel, 2013); dolayısıyla, bu becerileri doğru bir şekilde değerlendirebilen bir ölçeğin yaygın kabul görmesi, eğitimde bu becerinin önemini vurgulamaktadır. Özyeterlik kavramı ise bireylerin belirli bir görevi başarma konusundaki inançlarını ifade ettiğinden, bu ölçeğin kullanımı, öğrencilerin matematiksel modelleme konusundaki özgüvenlerini ve motivasyonlarını anlamada kritik bir araç olarak öne çıkmaktadır (Arseven, 2016). Stohlmann ve Yang (2021), Demir ve diğerleri (2023), Özgen ve Bindak (2018) ile Lesh ve Doerr (2003) tarafından geliştirilen farklı becerilere yönelik ölçeklerin öne çıkması farklı kültürel bağlamlarda veya farklı öğrenci gruplarında daha

etkili olmasından veya matematiksel modelleme yetkinliğinin farklı yönlerine odaklanması temelli olabilir. Demir ve diğerlerinin (2023) veri toplama aracı güncel eğitim yaklaşımları ve teknolojik entegrasyonu içerecek şekilde ölçeği modern eğitim ortamlarına adapte etmiştir. Bu çeşitlilik, araştırmacıların ve eğitimcilerin, öğrencilerin matematiksel modelleme yeteneklerini değerlendirirken daha kapsamlı ve esnek araçlara sahip olmalarını sağlamaktadır. Bu veri toplama araçlarının kullanılması, matematik eğitimi araştırmalarında metodolojik zenginliği ve derinliği de artırmaktadır. Veri toplama araçları araştırmacılara, çalışmalarını daha spesifik araştırma sorularına veya hipotezlere göre uyarlamalarına olanak tanımaktadır. Ayrıca, bu durum, ölçeklerin zaman içinde nasıl evrildiğini, eğitim teorilerindeki değişimleri ve öğrenci ihtiyaçlarındaki dönüşümleri yansıtmaktadır.

Tezlerin kullanılan veri analizlerine göre dağılımları Tablo 4.19’da sunulmuştur.

Tablo 4.19. Tezlerin kullanılan veri analiz türlerinin dağılımı

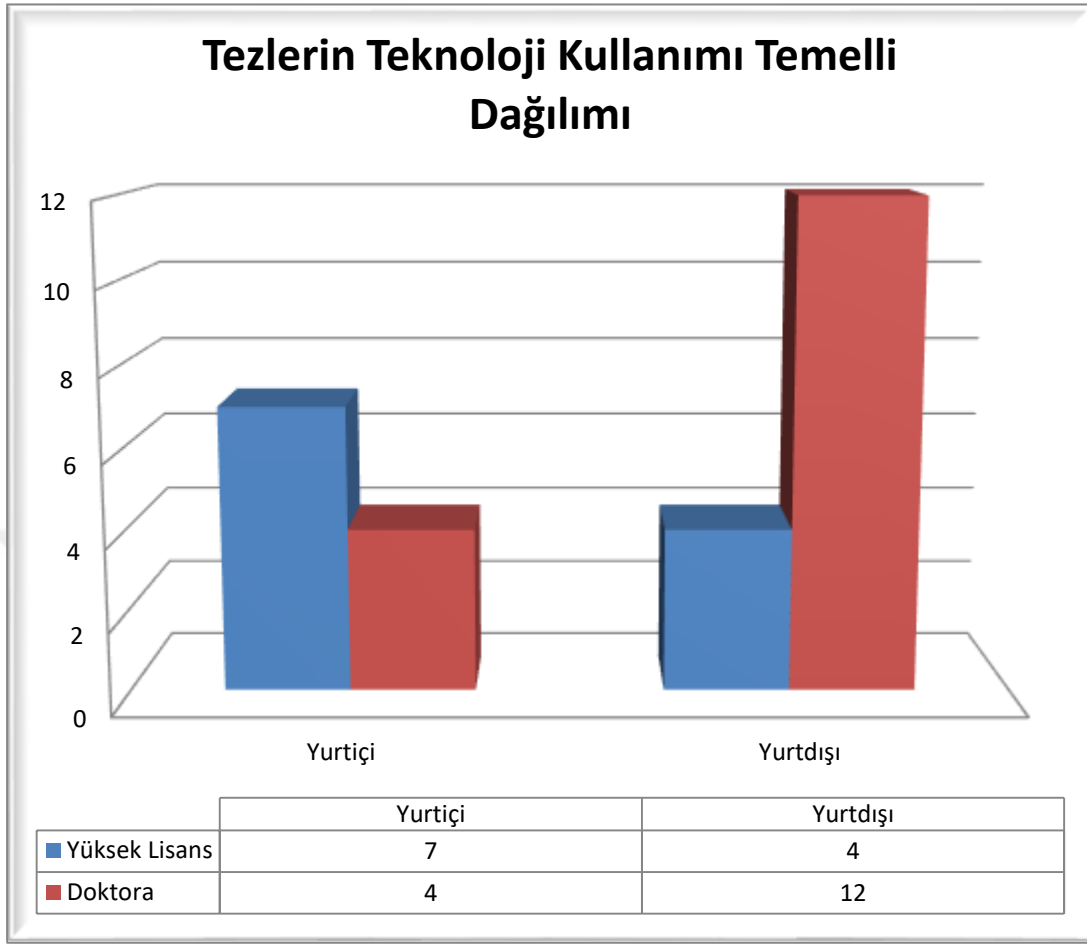
Analiz Türü	Analiz	Sayı (n)	%
Nitel Analiz Teknikleri	İçerik analizi	102	32,69
	Betimsel analiz	68	21,79
	Tematik analiz	6	1,92
	Gömülü Teori (grounded theory)	3	0,96
	Söylem analizi	3	0,96
	Meta-sentez (tematik içerik analizi)	3	0,96
	Doküman analizi	2	0,64
Nicel Analiz Teknikleri	Bağımlı örneklem t-testi	23	7,37
	Bağımsız örneklem t-testi	19	6,09
	ANOVA	14	4,49
	Mann Whitney U testi	14	4,49
	Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi	12	3,85
	ANCOVA	10	3,21
	Basit Doğrusal Korelasyon Testi	6	1,92
	Pearson Korelasyon Testi	6	1,92
	Meta analiz	5	1,60
	Çoklu doğrusal regresyon	4	1,28
	Spearman’s Rho korelasyon testi	4	1,28
	Yapısal eşitlik modeli	3	0,96
	Çift yönlü ANOVA	3	0,96
	Kruskal Wallis H testi	2	0,64
Toplam		312	100,00

Tablo 4.19.'da tezlerde kullanılan veri analiz türlerinin dağılımı sunulmuştur. Nitel analiz teknikleri arasında içerik analizi %32,69 (n=102) ile en yaygın kullanılan yöntemdir. Betimsel analiz %21,79 (n=68) ile ikinci sırada yer alırken, tematik analiz %1,92 (n=6) oranında kullanılmıştır. Nitel analizde ayrıca gömülü teori, söylem analizi, meta-sentez ve doküman analizi gibi diğer teknikler de düşük oranlarda tercih edilmiştir. Nicel analiz teknikleri arasında ise bağımlı örneklem t-testi %7,37 (n=23) ile en sık kullanılan yöntem olup, bağımsız örneklem t-testi %6,09 (n=19) oranında kullanılmıştır. ANOVA ve Mann Whitney U testi %4,49 (n=14) ile eşit oranlarda kullanılırken, diğer teknikler arasında Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi (%3,85, n=12), ANCOVA (%3,21, n=10) ve korelasyon testleri de yer almaktadır. Bu dağılım, araştırmalarda hem nitel hem de nicel analiz yöntemlerinin geniş bir yelpazede uygulandığını göstermektedir.

Nitel analiz yöntemlerinin dağılımında içerik analizinin %32,69 oranında en yaygın yöntem olması, veri toplama araçlarına paralel olarak ön planda olduğunu göstermektedir. Betimsel analizlerin %21,79 oranında kullanılması, veri yorumlamada daha genel bir yaklaşımın benimsendiğini işaret etmektedir.

Tezlerdeki matematiksel modelleme etkinliklerinde kullanılan teknoloji türü ve tez türlerine göre dağılımları Şekil 4.20. ve Tablo 4.20.'de sunulmuştur.

Şekil 4.20.'de, matematiksel modelleme etkinliklerinde teknoloji kullanımının tez türlerine göre dağılımı gösterilmektedir. Yurt içinde yapılan yüksek lisans tezlerinde teknoloji kullanımı 7, doktora tezlerinde ise 4'tür. Yurt dışında yapılan yüksek lisans tezlerinde teknoloji kullanımı 4, doktora tezlerinde ise 12 olarak görülmektedir. Bu veriler, yurtdışındaki doktora tezlerinde teknoloji kullanımının daha yaygın olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.20. Tezlerdeki matematiksel modelleme etkinliklerinde teknoloji kullanımlarının tez türlerine göre dağılımları

Tablo 4.20. Tezlerin kullanılan teknoloji türlerinin dağılımı

Değişken	Araçlar	Sayı (n)	%
Teknoloji Kullanımı	GeoGebra	4	14,81
	Video tabanlı	4	14,81
	Bilgisayar destekli	3	11,11
	Video destekli	2	7,41
	Online iletişim uygulamaları	2	7,41
	Çevrim içi ortamda Microsoft Teams	2	7,41
	Fonksiyonlu hesap makinesi	1	3,70
	Web 2.0 araçları	1	3,70
	Robotik	1	3,70
	LoggerPro 3	1	3,70
	Computer algebra systems (CAS)	1	3,70
	C.H.I.C. (Implicative and Cohesive Hierarchical Classification) software	1	3,70
	Scratch	1	3,70
	TI-Nspire	1	3,70
	Desmos	1	3,70
	TinkerPlots	1	3,70
Toplam		27	100,00

Tablo 4.20.'ye göre; tezlerde yaygın kullanılan teknoloji araçlarına bakıldığında, %14,81 oranıyla GeoGebra ve video tabanlı teknolojiler öne çıkmaktadır. Bu araçlar 4 kez matematiksel modelleme tezlerinde kullanılmıştır. Bilgisayar destekli teknolojilere üç tezde yer verilmiş, video destekli ve online iletişim uygulamaları gibi araçlarda tezlerde ikişer kez kullanılmıştır. Diğer teknolojiler, örneğin Microsoft Teams, Logger Pro 3, Scratch, TI-Nspire, Desmos, Tinker Plots, Web 2.0 araçları ve robotik daha düşük oranlarda tercih edilmiştir.

Tezlerde teknoloji kullanımına ilişkin bulgular hem yurt içinde hem de yurt dışında yüksek lisans ve doktora düzeyinde önemli farklılıkları ortaya koymaktadır. Yurt içinde yüksek lisans tezlerinde teknoloji kullanımının daha yaygın (%7), doktora tezlerinde ise sınırlı (%4) olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, yüksek lisans düzeyinde teknoloji kullanımına yönelik daha fazla vurgu yapılmasının nedeni olarak, bu düzeyde daha uygulamalı çalışmalara odaklanıldığı düşüncesini akla getirmektedir. Doktora tezlerinde ise teorik araştırmalara daha fazla odaklanılabileceği için teknoloji kullanımının daha sınırlı kalması mümkündür. Yurt dışındaki araştırmalar incelendiğinde, doktora tezlerinde teknoloji kullanımının yüksek lisans tezlerinden daha yaygın (%12) olduğu dikkat çekmektedir. Bu farklılık, yurtdışındaki doktora programlarının daha fazla teknoloji odaklı araştırmalar yapmaya yönelik teşvikler sunduğunu ve teknoloji ile ilgili araçların araştırmalara daha sık entegre edildiğini göstermektedir (Akgün, 2020). Tezlerde en yaygın kullanılan teknolojik araçlar arasında %14,81 oranıyla GeoGebra ve video tabanlı teknolojiler yer almaktadır. GeoGebra, matematiksel modelleme ve görselleştirme amacıyla kullanılan bir yazılım olup, özellikle matematik eğitiminde tercih edilmektedir. Bu yazılımın yaygın kullanımı, eğitimde soyut matematiksel kavramların görsel olarak somutlaştırılması ihtiyacından kaynaklanmaktadır (Arbainve Shukor, 2015). Video tabanlı teknolojiler ise eğitim süreçlerinde görsel öğrenmeyi desteklemek için yaygın bir şekilde kullanılmakta olup, öğrenme materyallerinin etkili bir şekilde sunulmasını sağlamaktadır (Ay, Karadağ ve Acat, 2015).

Bilgisayar destekli teknolojiler, tezlerde sıklıkla yer almış olup, özellikle araştırma verilerinin analizinde ve öğretim materyallerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bilgisayarların bu tür çalışmalarda kullanılması, veri analizinin hızlandırılması ve doğruluğunun artırılması açısından büyük bir avantaj sunmaktadır

(Bilgin, Tatar ve Ay, (2012). Microsoft Teams, çevrim içi iletişim ve iş birliği platformu olarak eğitimde uzaktan öğrenmeyi desteklemekte, öğrenci ve öğretmenler arasındaki etkileşimi artırmaktadır. Bu platformun daha düşük oranda kullanılması, tezlerde uzaktan öğrenme ile ilgili araştırmalara daha az yer verilmesiyle açıklanabilir (Martin ve Tapp, 2019). LoggerPro 3 ise veri toplama ve analizine yönelik bir yazılım olup, genellikle fen bilimleri eğitiminde kullanılmaktadır (Kumaş, 2021). Scratch, programlama ve algoritma öğretimi için geliştirilmiş bir araçken, TI-Nspire, matematiksel hesaplamalar ve veri analizleri için kullanılan bir grafik hesap makinesi yazılımıdır. Bu araçların daha az kullanılması, programlama ve fen bilimleri odaklı tezlerin sınırlı olmasından kaynaklanabilir. Desmos, çevrim içi grafik çizim aracı olarak matematik eğitiminde görselleştirme amacıyla kullanılırken, TinkerPlots ise veri analizi ve istatistik öğretimi için geliştirilmiş bir yazılımdır (Ay ve ark., 2015).

Web 2.0 araçları, öğrenci ve öğretmenlerin etkileşimli içerik üretmelerine ve paylaşımlarına olanak sağlayan çevrim içi araçlardır. Eğitimde özellikle iş birliği temelli öğrenme süreçlerinde kullanılan bu araçların, tezlerde daha düşük oranlarda yer alması, klasik eğitim yöntemlerine olan bağlılığın bir göstergesi olabilir. Robotik teknolojiler ise mühendislik ve STEM alanlarında öğrenme süreçlerini desteklemek için kullanılmaktadır (Kumaş, 2021). Yurtdışındaki doktora tezlerinde teknoloji kullanımının daha yaygın olmasının, bu ülkelerde eğitimde teknoloji entegrasyonunun daha fazla teşvik edilmesiyle ilişkilidir (Martin ve Tapp, 2019). Genel olarak ülkemizde tezlerde teknoloji kullanımının sınırlı kalması, teknoloji entegreli matematiksel modelleme yaklaşımlarının da artırılması gerektiğinin bir göstergesidir.

4.3. Üçüncü Alt Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular ve Tartışma

Matematik eğitimi alanında hazırlanan, matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezlerinden elde edilen sonuçlara yönelik dağılım, üçüncü araştırma sorusu kapsamında incelenmiştir. Bu amaçla yapılan içerik analizi sonucunda bulgular 2 temada toplanmıştır. Bunlar *Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme Çıktılarına Etkisi* ve *Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme-Öğretme Süreçlerindeki Zorlukları* temalarıdır.

Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme Çıktılarına Etkisi teması altında; *Matematik Başarısı*, *Problem Çözme Başarısı*, *Katılım*, *Motivasyon*, *Tutum*,

Eleştirel Düşünme, Matematik Okuryazarlığı, Finansal Okuryazarlık ve Sosyal Sorunlara Duyarlılık alt temaları oluşmuştur. Bu alt temalar ise *Olumlu Etki* ve *Nötr/Olumsuz Etki* kategorilerinde toplanmıştır. Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktılarına olumlu etkisine yönelik bulgular Tablo 4.21.'de sunulmuştur.

Tablo 4.21. Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktılarına olumlu etkilerine yönelik bulgular

Tema	Alt Tema	f	Olumlu Etki
Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme Çıktılarına Etkisi	Matematik Başarısı	32	-Öğrencilerin matematik başarı düzeylerinin artışı. - Matematiksel modelleme sürecinde üstbilişsel becerilerin gelişimi. -Öğretmen adaylarının model ve modelleme temelli başarılarında pozitif etki. -Matematiksel modelleme yönteminin akademik başarıyı artırma ve bilginin kalıcılığını sağlama etkisi. -Öğrencilerin son testlerde matematik okuryazarlığı düzeyleri, ikinci düzeyin sonlarında yer almıştır ve birçok öğrenci üst düzeylere çıkmıştır.
	Problem Çözme Başarısı	21	- Problem çözme becerilerinde %80 başarı sağlanmıştır. - Matematiksel modelleme sürecinde birden fazla bilgi işlemsel düşünme becerisine ilişkin zihinsel eylemler ortaya çıkmıştır. - Öğrencilerin problemleri anlama basamağında yüksek puan artışı. -MME'ler öğrencilerin yatay ve dikey matematikselleştirme süreçlerinde başarı göstermelerine katkı sağlamıştır. -Modelleme etkinlikleriyle farklı problem çözme stratejileri geliştirilmiştir.
	Katılım	20	- Öğrencilerin arkadaşlarıyla iş birliği yaparak çalışma yapmaları. - Öğrencilerin farklı bakış açıları kazanmaları. - Öğrenci gruplarının "Otantik" modelleme uygulamalarında aktif ve sürekli katılımcı olduğu -Öğrencilerin matematiği günlük yaşamla ilişkilendirmeleri olumlu yönde gelişmiştir. -Grup çalışmaları aracılığıyla iş birliği, fikir alışverişi ve sosyal iletişim güçlenmiş, bu süreç sonucunda daha kısa sürede çözüm bulunmuştur.
	Motivasyon	18	- Öğrencilerin matematik öğrenmeye olan isteklerinin artması. - Yeni bir öğrenme deneyimi yaşamaları. - Öğretmen adaylarının matematiksel modellemeye yönelik olumlu motivasyon geliştiği. -Öğrencilerin matematiksel düşüncelerini daha çok ifade etmeye başladıkları ve derslere ilgilerinin arttığı tespit edilmiştir. -STEAM etkinlikleriyle birleştirilen modelleme etkinlikleri, öğrencilerin matematiğe ilgisini artırmıştır.
	Tutum	12	- Matematiğin günlük yaşamdaki pratik uygulamalarını daha iyi anlamaları. - Matematiksel modelleme yönteminin olumlu tutum geliştirmesi. - Yüzdelere konusuna karşı olumlu bir tutum geliştirmişlerdir.
	Eleştirel Düşünme	12	- Eleştirel düşünme becerilerinin olumlu yönde etkileneceği. - Açıklama ve analiz becerilerini geliştirdiği sonucuna

Tema	Alt Tema	f	Olumlu Etki
			ulaşılmıştır. -MME sürecinde soyutlama becerisi yoğun biçimde ortaya çıkmıştır. -Öğrencilerin iletişim beceri düzeylerinin ve temsil becerilerinin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir.
	Matematik Okuryazarlığı	11	-Öğrencilerin matematik okuryazarlık düzeylerinde modelleme etkinlikleri sonrası anlamlı gelişme görülmüştür. - STEM yaklaşımına dayalı etkinliklerin matematik okuryazarlık performanslarını artırdığı görülmüştür.
	Finansal Okuryazarlık	8	-MME'lerin finansal okuryazarlık becerisinin geliştirilmesine katkı sağladığı tespit edilmiştir.
	Sosyal Sorunlara Duyarlılık	6	- Öğrencilerin sosyal sorunlara karşı duyarlılık kazanmaları. - Öğrencilerin kültürel farklılıkların model oluşturma etkinliklerini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. - MME'lerin öğrencilerin sosyal ve kültürel farklılıklarının zenginlik olarak değerlendirilmesine yardımcı olduğu. -MME'lerin çevre farkındalığına pozitif yönde katkı sağladığı belirlenmiştir. -Öğrencilerin sürdürülebilir bir gelecek için harekete geçme konusunda farkındalık kazandıkları belirtilmiştir. -Geri dönüşüm ve çevreye yönelik etkinlikler sayesinde öğrencilerde olumlu sosyal tutumlar gelişmiştir.

Tablo 4.21.'e göre; matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktılarına olumlu etkisine yönelik; matematik başarısı alt temasında, öğrencilerin başarı düzeylerinin artması, üstbilişsel becerilerin gelişimi ve bilginin kalıcılığına katkı sağlandığı vurgulanmaktadır (f=32). Problem çözme başarısı alt temasında, öğrencilerin problem çözme becerilerinde yüksek oranda başarı elde ettiği ve farklı problem çözme stratejileri geliştirdikleri söylenebilir (f=21).

Katılım temasında, matematiksel modelleme etkinliklerinde öğrencilerin derse yoğun katılım gösterdikleri iş birliği yaparak çalıştıkları, fikir alışverişi yaptıkları ve sosyal iletişim becerilerinin güçlendiği belirtilmiştir (f=20). Öğrenci motivasyon konusunda, öğrencilerin matematik öğrenmeye olan ilgilerinin arttığı, yeni bir şeyler öğrenmekten zevk aldıkları ve derslere daha istekli katıldıkları belirtilmiştir (f=18). Tutum temasında, matematiksel modelleme yöntemlerinin öğrencilerin matematiğe yönelik olumlu tutumlar geliştirmesine katkı sağladığı ifade edilmiştir (f=12).

Eleştirel düşünme becerilerinde olumlu yönde gelişme ve soyutlama becerisinin geliştiği vurgulanmıştır (f=12). Matematik okuryazarlığı alanında ise modelleme etkinliklerin özellikle STEM destekli etkinliklerin öğrencilerin matematik okuryazarlıklarını geliştirdiği vurgulanmıştır (f=11). Finansal okuryazarlık becerilerinde

de gelişim olduğu belirtilirken ($f=8$), sosyal sorunlara duyarlılık temasında öğrencilerin sosyal ve çevresel sorunlara karşı farkındalık kazandıkları ifade edilmiştir ($f=6$).

Matematiksel modelleme uygulamalarının öğrenme çıktıları üzerindeki etkilerine dair bulgular, matematik öğretiminde bu uygulamanın olumlu sonuçlar ortaya çıkardığını göstermektedir. Özellikle öğrencilerin başarı düzeylerinin artması, üstbilişsel becerilerinin gelişmesi ve bilginin kalıcılığının sağlanması gibi sonuçlar, matematiksel modellemenin eğitim süreçlerine katkısını ortaya koymaktadır. Ayrıca bulgular öğrencilerin problem çözme süreçlerinde daha farklı ve etkili stratejiler geliştirdiğini de göstermektedir. Modelleme süreci, öğrencilerin problem çözme yetilerini geliştirirken aynı zamanda soyut matematiksel kavramları anlamalarını ve bu kavramları günlük yaşama uygulamalarını teşvik etmektedir. Öğrencilerin derse katılımlarının artması, iş birliği içinde çalışmalarının sağlanması ve sosyal iletişim becerilerinin gelişmesi, matematiksel modelleme etkinliklerinin sadece bilişsel değil, aynı zamanda sosyal öğrenme ortamları oluşturduğunu da göstermektedir. Öğrencilerin birlikte çalışarak farklı bakış açılarını anlamaları ve paylaşmaları, matematik derslerinde iş birliğinin ve sosyal etkileşimin önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca, modelleme etkinlikleri sayesinde öğrencilerin matematik derslerine olan ilgilerinin ve motivasyonlarının arttığı vurgulanmaktadır. Bu durum, öğrenme süreçlerine aktif katılımın ve öğrencilerin matematikle pozitif bir ilişki geliştirmelerinin önemini ortaya koymaktadır.

Matematiksel modelleme, soyut kavramların somut olaylarla ilişkilendirilmesine olanak tanıyan bir yaklaşımdır ve bu yönüyle öğrencilerin daha derinlemesine öğrenmelerini sağlamaktadır (English, 2006). Araştırmalarda, MME'lere katılan öğrencilerin daha yüksek akademik başarı elde ettikleri ve problem çözme süreçlerinde daha etkili stratejiler geliştirdikleri belirtilmiştir (Lesh ve Doerr, 2003). Bunun temel nedeni, modelleme etkinliklerinin, öğrencilere soyut kavramları anlamada çok yönlü bir bakış açısı kazandırmasıdır. Üstbilişsel becerilerin gelişimi de matematiksel modelleme ile doğrudan ilişkilendirilen önemli bir öğrenme çıktısıdır. Üstbiliş, bireylerin kendi öğrenme süreçlerini fark etmeleri ve bu süreçleri yönetmelerini sağlayan bir yetenektir. Modelleme süreci, öğrencilere düşünme süreçlerini planlama, izleme ve değerlendirme fırsatı sunarak üstbilişsel becerilerini geliştirmektedir (Goos, 2002). Gerçekleştirilen modelleme etkinlikleri, öğrencilerin bir problemi çözme aşamasındaki düşüncelerini organize etmesine yardımcı olarak hem akademik başarılarını artırılmasına hem de

üstbilişsel farkındalıklarını geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Blum ve Ferri, 2009). Bilginin kalıcılığı, öğrencilerin öğrendikleri bilgiyi uzun bir süre boyunca hatırlama ve kullanma yeteneklerini ifade etmektedir. Lesh, Hoover, Hole, Kelly ve Post (2000), modelleme etkinliklerinin öğrencilerin matematiksel kavramları daha uzun süre hatırlamalarını sağladığını ve öğrendikleri bilgiyi farklı bağlamlarda kullanma becerilerini geliştirdiğini belirtmektedir. Bu tür etkinlikler, öğrencilerin yalnızca soyut bilgiye dayalı öğrenme süreçlerini değil, aynı zamanda bilgiyi uygulamaya dökme kapasitelerini de güçlendirmektedir.

Problem çözme yeteneklerinin gelişimi, matematiksel modelleme etkinliklerinin önemli bir diğer sonucudur. Problem çözme, matematik eğitiminin temel hedeflerinden biridir ve modelleme etkinlikleri öğrencilerin bu becerilerini geliştirmekte kritik bir rol oynamaktadır (Stillman, 2019). Matematiksel modelleme, öğrencilere gerçek hayattan alınan problemleri matematiksel yollarla çözme fırsatı sunar ve bu süreçte öğrenciler yeni stratejiler geliştirmektedir (Zawojewski, 2010). Lesh, Zawojewski ve English (2003), matematiksel modelleme uygulamalarının grup çalışmasıyla yapılması ile öğrencilerde eleştirel düşünmenin arttığı ve karşı tarafın düşüncelerini değiştirmek yönünde davranışlar sergilediği sonucuna ulaşmıştır. Bir diğer önemli bulgu ise grup çalışması içerisinde tartışma ile kişilerin kavram yanılgılarının giderilebileceğidir (Sönmez, 2016). Ayrıca matematiksel modellemenin öğrencilerin sosyal becerileri ve iş birliği yetenekleri üzerindeki etkileri de önemli bir bulgudur. Bu etkinlikler genellikle grup çalışması şeklinde gerçekleştirilir ve bu da öğrencilerin iş birliği yapma, iletişim kurma ve fikir alışverişinde bulunma becerilerini geliştirmektedir (Galbraith, Stillman, Brown, ve Edwards, 2007). Araştırmalar, modelleme süreçlerine katılan öğrencilerin, yalnızca bireysel akademik beceriler değil, aynı zamanda sosyal etkileşim becerilerini de geliştirdiklerini göstermektedir (Jablonka ve Bergsten, 2010). Matematiğe olan olumlu tutumun gelişmesi, öğrencilerin derslere daha aktif katılım göstermelerine ve matematiksel problemleri çözme sürecine daha istekli yaklaşımlarına katkı sağlamaktadır.

Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktılarına etkisinin olmadığı ya da olumsuz etkisine yönelik bulgular Tablo 4.22.'de sunulmuştur.

Tablo 4.22. Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktılarına etkisinin olmadığı ya da olumsuz etkisine yönelik bulgular

Tema	Alt Tema	f	Nötr/Olumsuz Etki
Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme Çıktılarına Etkisi	Matematik Başarısı	10	-Öğrencilerin gerçek hayat bağlamında sonuçları yorumlayamaması. -Öğrencilerin cebirsel problemlerle ilgili matematiksel model oluşturma becerilerinin düşük olması
	Problem Çözme Başarısı	5	- Grupların çoğunun çözümü doğrulama basamağında zorlandığı. -Öğrencilerin problem süresince kavram yanlışlarına sahip olduğu görülmüştür - 6. Sınıf öğrencilerinin problemi anlama aşamasında zorlanmaları -9. Sınıf Öğrencilerin en çok denklem kurma aşamasında güçlük çektikleri belirlenmiştir. -Öğrencilerin problem kurma süreçleri zamanla gelişmiş, ancak kavram yanlışları yaşamaya devam etmişlerdir.
	Katılım	5	- Öğrencilerin yeterli tartışma yapmadan fikirlerini kullanmaya çalışması. - Grupların modelleme süreçlerinde teknoloji kullanım eksikliği nedeniyle, bazı öğrencilerin sürece katılımının yetersiz olması -Bazı grupların matematiksel işlemleri seçerken yeterli katkı sağlayamadığı görülmüştür. -Öğrencilerin matematiksel değişkenleri daha az kullanarak daha fazla sözel muhakeme ile çözüme gitmeleri, katılım düzeyinde sorun yaşadıklarını göstermektedir. -Saman Balyası ve Antik Tiyatro problemlerinde, öğrencilerin strateji geliştirmeden sınırlı kaldıkları görülmüştür.
	Motivasyon	4	- Bazı öğrencilerin yeterli motivasyon geliştirememesi. - Öğrencilerin modelleme etkinlikleri ile çalışma durumları arttıkça sürece daha çok odaklanamadıkları görülmüştür.
	Tutum	4	- 5. Sınıf öğrencilerin öğrenme sürecinde yer yer matematiğe karşı olumsuz tutum ifadelerinin olması - Matematiksel modelleme eğitiminin sınıf öğretmeni adaylarının matematiğe yönelik tutumu üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.
	Eleştirel Düşünme	4	- Öğrencilerin çözüm ve sonucu yorumlamada zorlanması. -Öğrencilerin eleştirel düşünme sürecinde fikirlerini desteksiz şekilde sunmaları. -Öğrenciler, bazı durumlarda varsayımları sorgulamakta zorluk çekmişlerdir. -Öğrenciler, oluşturdukları modelleri sezgisel olarak doğrulamaya çalışmış, bu da geçerlilik sorunlarına yol açmıştır. -Hata ayıklama becerisinin en az rastlanan bilgi işlemsel düşünme becerisi olduğu görülmüştür.
	Matematik Okuryazarlığı	3	-Bazı etkinliklerin matematik okuryazarlığa etkisinin olmadığı görülmüştür. -Üst düzey matematik okuryazarlığı sorularının çözümünde öğrencilerin başarılı olamaması. -Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ve materyal tasarlama bilgisi yeterli düzeyde değildir.

Tema	Alt Tema	f	Nötr/Olumsuz Etki
	Sosyal Sorunlara Duyarlılık	2	- Öğrencilerin yaşamsal problemleri anlamakta zorluk çekebildiği tespit edilmiştir. -Sanatsal açıdan STEAM etkinliklerinin etkisiz kalması, modellemenin sosyal konularda sınırlı bir etki göstermesi.

Tablo 4.22.'de, matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktıları üzerinde etkisinin olmadığı ya da olumsuz etkilerine dair bulgular yer almaktadır. Matematik başarısı temasında, öğrencilerin cebirsel problemlerle ilgili matematiksel model oluşturma becerilerinin yetersiz olduğu ve gerçek hayat bağlamında sonuçları yorumlayamadıkları belirtilmiştir (f=10). Bu durum, özellikle öğrencilerin matematiksel modellemeyi soyut düzeyde anlamakta güçlük çektiğini göstermektedir.

Problem çözme başarısı alt temasında, öğrencilerin problem çözme sürecinde kavram yanlışları yaşadığı ve çözüm doğrulama basamağında zorluk çektikleri belirtilmiştir (f=5). Altıncı sınıf öğrencileri problemi anlama aşamasında zorlanırken, dokuzuncu sınıf öğrencileri denklem kurma aşamasında güçlük yaşamıştır. Bu bulgular, özellikle problem kurma ve çözümleme süreçlerinde öğrencilerin desteğe ihtiyaç duyduklarını ortaya koymaktadır.

Katılım temasında, öğrencilerin teknoloji kullanım eksikliği ve yeterli tartışma yapmadan fikir yürütme gibi nedenlerle sürece katılımlarının sınırlı olduğu tespit edilmiştir (f=5). Bazı gruplar, matematiksel işlemleri seçerken katkıda bulunmamış, diğerleri ise daha az matematiksel değişken kullanarak sözel muhakeme ağırlıklı çözümler üretmiştir. Özellikle strateji geliştirme ve iş birliği gerektiren durumlarda öğrencilerin yetersiz kaldığı belirtilmiştir.

Motivasyon temasında, bazı öğrencilerin modelleme etkinlikleri ile çalışma sürecinde yeterli motivasyon sağlayamadıkları ve etkinlik arttıkça odaklanmalarının azaldığı görülmüştür (f=4). Bu durum, uzun süren etkinliklerin öğrencilerin dikkat ve ilgi düzeyini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Tutum temasında, beşinci sınıf öğrencilerinin yer yer matematiğe karşı olumsuz tutum sergilediği ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme eğitimine rağmen matematiğe yönelik tutumlarında anlamlı bir değişim olmadığı belirtilmiştir (f=4).

Eleştirel düşünme becerileri açısından, öğrencilerin çözüm ve sonuçları yorumlamakta zorlandıkları ve fikirlerini yeterince destekleyemedikleri tespit edilmiştir

(f=4). Ayrıca, öğrenciler varsayımları sorgulamakta zorlanmış ve modellerini sezgisel olarak doğrulamaya çalışmış, bu da geçerlilik sorunlarına yol açmıştır. Hata ayıklama becerisinin ise en az geliştirilen bilgi işlemsel düşünme becerisi olduğu görülmüştür.

Matematik okuryazarlığı temasında, bazı etkinliklerin bu alana anlamlı bir etkisinin olmadığı, öğrencilerin üst düzey sorularda başarılı olamadığı ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme bilgisi açısından yetersiz olduğu belirtilmiştir (f=3). Son olarak, sosyal sorunlara duyarlılık temasında, öğrencilerin yaşamsal problemleri anlamakta zorlandıkları ve modelleme etkinliklerinin sosyal sorunlar üzerinde sınırlı bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir (f=2). STEAM etkinliklerinin sanatsal açıdan etkisiz kalması da bu sınırlılıklardan biri olarak görülmüştür.

Modelleme etkinliklerinin bazı öğrenciler üzerinde etkisinin olmadığı ya da olumsuz etkilerinin ortaya çıkabileceği raporlanmıştır. Özellikle cebirsel problemlerle model oluşturma ve sonuçları yorumlama süreçlerinde öğrencilerin zorlandığı belirtilmektedir. Bu tür kavram yanılgıları ve model doğrulama aşamasındaki zorluklar, öğrencilerin matematiksel soyutlamaları yeterince anlamadığını ve problem çözme sürecinde bu soyutlamaları günlük yaşamla ilişkilendirmede zorlandığını göstermektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin kavramsal anlamalarını geliştirecek ve modelleme becerilerini destekleyecek ek rehberlik ve destek stratejilerinin gerekli olduğu söylenebilir. Katılım açısından, teknoloji kullanımının sınırlı olması ve tartışma eksiklikleri de öğrenci katılımını olumsuz yönde etkilemiştir. Bu durum, özellikle çevrimiçi öğrenme süreçlerinde ve teknoloji temelli etkinliklerde gözlemlenmiştir. Teknolojik araçların etkili kullanılamaması, modelleme süreçlerini desteklemekte yetersiz kalmış ve öğrencilerin derse katılımını sınırlandırmıştır. Microsoft Teams gibi çevrimiçi platformlar, ders içi tartışmaları ve iş birliğini artırma potansiyeline sahip olsa da bu araçların yeterince kullanılmadığı ve öğrencilerin aktif katılım göstermediği görülmektedir (Martin ve Tapp, 2019).

Öğrencilerin motivasyonlarının uzun süreli etkinliklerde düşmesi, dikkat ve ilgi düzeylerinin azaldığını göstermektedir. Bu tür etkinliklerin fazla zaman alıcı olması ve öğrencilerin ilgi alanlarına hitap etmeyen içeriklerle dolu olması, motivasyon kaybına yol açmıştır. Bu bağlamda, etkinliklerin süresinin ve içeriğinin öğrencilerin yaş düzeylerine ve ilgi alanlarına uygun olarak yeniden düzenlenmesi gerektiği vurgulanabilir. Ayrıca, öğrencilerin dikkat sürelerini artıracak ve onları etkinliklere

daha fazla motive edecek ödüllendirici stratejilerin de eğitim süreçlerine entegre edilmesi önemlidir. Eleştirel düşünme becerilerinde ise, öğrencilerin modelleme sürecinde varsayımları sorgulamada ve sonuçları yorumlamada güçlük çektiği belirtilmektedir. Bu durum, matematiksel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde eleştirel düşünme eğitiminin yeterince verilmemesiyle ilişkilendirilebilir. Öğrencilerin daha derinlemesine analiz yapabilmeleri ve problem çözme süreçlerinde alternatif çözümler geliştirebilmeleri için eleştirel düşünme becerilerinin sistematik olarak desteklenmesi gerekmektedir (Seferoğlu ve Akbıyık, 2006). Matematik okuryazarlığı alanında, modelleme etkinliklerinin öğrencilerin üst düzey sorularda başarılı olmalarına katkı sağlamadığı ifade edilmiştir. Bu bulgu öğrencilerin soyut kavramları anlamada ve problem çözme süreçlerine entegre etmede zorlandığını göstermektedir. Öğrencilerin soyut kavramları somut olaylara uyarlayamamaları, matematiksel ilişkileri kurmada yaşadıkları eksikliklerden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, disiplinler arası bağlantıların daha güçlü bir şekilde kurulması ve öğrencilerin matematiksel kavramları gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirmeleri sağlanmalıdır.

Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme-Öğretme Süreçlerindeki Zorlukları temasına yönelik bulgulara bakıldığında; bu tema *Öğretmen/ Öğretmen Adayı Bilgi ve Becerileri Eksikliği, Öğrenci Katılım ve İlgisi Problemi* ve *Etkinliklerin Gerçek Hayat ile İlişkilendirilememesi* alt temalarını kapsamaktadır.

Öğretmen/ Öğretmen Adayı Bilgi ve Becerileri Eksikliği alt temasında yer alan *Bilgi Eksikliği, Modelleme İlkelerine Uygunluk Sorunu, Etkili Teknoloji Kullanımında Yetersizlikler* ve *Rehberlik Sorunu* kategorilerine ait bulgular Tablo 4.23.'te sunulmuştur.

Tablo 4.23'te öğretmen ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme etkinliklerinde yaşadıkları zorlukların, öğretmen/öğretmen adayları bilgi ve beceri eksiklikleri alt temasına ait sonuçlara yer verilmiştir. Bilgi eksikliği kategorisinde, öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme ile ilgili yetersiz bilgiye sahip oldukları görülmektedir ($f=15$). Bu eksiklik, özellikle matematiksel modelleme problemlerinin açık uçlu doğası nedeniyle öğretmenlerin problem hazırlama ve uygulama süreçlerinde zorluk yaşamalarına neden olmaktadır. Ayrıca, öğretmen adaylarının materyal tasarlama ve modelleme becerilerinde yetersiz oldukları ve öğretmenlerin matematiksel modelleme kavramlarını uygulamaya geçirme konusunda

güçlük çektikleri belirtilmiştir. Öğretmenlerin büyük bir kısmı, rutin olmayan gerçek yaşam problemleri karşısında matematiksel mantığı doğru kullanamamış ve geçersiz modeller oluşturmuştur.

Tablo 4.23. Öğretmen/ öğretmen adayı bilgi ve becerileri eksikliği alt temasına ait bulgular

Tema	Alt Tema	Kategoriler	f	İlgili Sonuçlar
Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme-Öğretme Süreçlerindeki Zorlukları	Öğretmen/ Öğretmen Adayı Bilgi ve Becerileri Eksikliği	Bilgi Eksikliği	15	-Öğretmenlerin matematiksel modelleme problemlerinin açık uçlu olmasında zorlanmaları ve bu durumun problem hazırlama becerilerini olumsuz etkilemesi. -Öğretmenlerin yöntem hakkında yeterince bilgi sahibi olmadığı için uygulamaya geçirmekte zorluk yaşamaları. -Araştırmaya katılan çoğu öğretmene göre, yöntemin hazırlık ve uygulama aşamalarının zaman alıcı olması ve bu yüzden uygulayamadıkları -Düzensiz reel yaşam problemleriyle ilgili olarak öğretmen adaylarının çoğu, problemin yönergelerine uygun görsel modeller oluşturmuş olsalar da bu modellerde matematiksel mantığı hatalı bir biçimde uygulamış ve sonuç olarak içerik açısından geçerli olmayan modeller geliştirmişlerdir. -Matematiksel kavram bilgisine sahip öğretmenler, bu bilgileri modelleme problemlerinde kullanmada başarılı olamamaktadırlar.
		Modelleme İlkelerine Uygunluk Sorunu	9	- Tasarlanan etkinliklerin sadece 3 öğretmen tarafından gerçeklik prensibine uygun olarak gerçekleştirilebilmesi. -Modeli gerçek hayatta test etme basamaklarında yetersizliklere sahip oldukları görülmüştür. -Adaylarının, dinamik bir yapıya sahip olmasından dolayı, gerçeklik ilkesini karşılamada zorlandıkları. -Etkinliklerin açıklık, yakınlık, otantiklik, alt yeterliliklere teşvik etme prensiplerine uygun olmadığı gözlenmiştir.
		Etkili Teknoloji Kullanımında Yetersizlikler	6	-Matematik öğretmeni adaylarının çözüm sürecine teknolojiyi dahil edememesi. - Öğretmenlerin teknoloji bilgileri ile modelleme yeterlikleri arasında düşük düzeyde pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. -Öğretmenlerin Geo yazılımını etkili şekilde kullanamaması.
		Rehberlik Sorunu	3	-Öğretmenlerin modelleme sürecini etkin şekilde yönlendirememesi, öğrencilerin ihtiyaçlarına yönelik yeterli rehberlik sağlayamaması.

Modelleme ilkelerine uygunluk sorunu kategorisinde, öğretmenlerin sadece bir kısmının tasarladıkları etkinlikleri gerçeklik ilkesine uygun gerçekleştirebildiği belirtilmiştir (f=9). Öğretmen adaylarının, modelleme sürecinde varsayım oluşturma ve elde edilen modeli gerçek hayatta test etme basamaklarında yetersizlik yaşadıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca, öğretmen adaylarının, modelleme etkinliklerinin dinamik yapısına bağlı olarak gerçeklik ilkesini karşılamakta zorlandıkları ve etkinliklerin açıklık, otantiklik gibi prensiplere uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Etkili teknoloji kullanımında yetersizlikler kategorisinde, matematik öğretmeni adaylarının çözüm sürecine teknolojiyi dahil etmede başarısız oldukları görülmektedir (f=6). Öğretmenlerin teknoloji bilgileri ile modelleme yeterlikleri arasında düşük düzeyde pozitif bir ilişki olduğu ve özellikle GeoGebra gibi yazılımların etkili kullanımında zorluk yaşadıkları belirtilmiştir. Bu yetersizlik, öğretmenlerin dijital araçları sınıf içi modelleme süreçlerine entegre edememelerine yol açmaktadır.

Rehberlik sorunu alt temasında, öğretmenlerin matematiksel modelleme sürecinde öğrencilere yeterli rehberlik sağlayamadıkları ve öğrencilerin ihtiyaçlarına yönelik etkin yönlendirme yapmada zorluk yaşadıkları görülmektedir (f=3). Bu durum, modelleme sürecinin karmaşıklığı ve öğrencilere doğru yönlendirmeler sağlanamamasıyla ilişkilendirilmiştir.

Öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme etkinliklerinde yaşadıkları zorluklar, öğretmen eğitimi programlarının matematiksel modellemeyi yeterince kapsamadığını ortaya koymaktadır. Bilgi eksikliği ve modelleme etkinliklerinin gerçeklik ilkelerine uygun olarak yürütülememesi, bu zorlukların temel nedenleri olarak belirtilmektedir. Ayrıca, etkili teknoloji kullanımında yaşanan eksiklikler, öğretmen adaylarının dijital araçları eğitim süreçlerine entegre etmede zorlandıklarını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, öğretmen eğitimi programlarının teknoloji entegrasyonunu güçlendirecek içeriklerle zenginleştirilmesi gerekmektedir.

Öğrenci Katılım ve İlgisi Problemi alt temasına ait bulgulara bakıldığında katılım ve ilgi probleminin *Sonuçları Yorumlama Zorluğu*, *Düşük Motivasyon*, *Yeterli Katılımın Sağlanamaması* ve *Eleştirel Düşünme Sorunu* kaynaklı olduğu görülmektedir.

Öğrenci Katılım ve İlgisi Problemi alt temasına ve bu alt temada yer alan kategoriler ile ilgili sonuçlara ait bulgular Tablo 4.24.'te sunulmuştur.

Tablo 4.24. Öğrenci Katılım ve İlgisi Problemi alt temasına ait bulgular

Tema	Alt Tema	Kategoriler	f	İlgili Sonuçlar
Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme-Öğretme Süreçlerindeki Zorlukları	Öğrenci Katılım ve İlgisi Problemi	Sonuçları Yorumlama Zorluğu	12	-İlgili matematiksel kavramlar yeterince anlaşılmadığında sonuçları analiz etme yeteneğinin zayıflaması -Öğrenciler, bir modelleme probleminde birçok değişken olduğunda hangi sonuçların önemli olduğunu belirlemede zorlanmaları -Öğrencilerin, soyut sonuçları somut olaylara uyarlamakta güçlük çekmesi -Öğrencilerin yanlış varsayım ve hesaplamalar yaptıkları için problem metnine tekrar tekrar dönüş yapması -Öğrencilerin sonuçları yorumlama aşamasında yeterli bilişsel ilişkilendirme yapamaması. -Çözüm sürecinde öğrenciler, doğru çözüme ulaşsalar da sonuçları doğrulamada eksiklik yaşaması -Bazı öğrenciler çözüm yollarını anlamlandırma ve açıklamada zorlanması
		Düşük Motivasyon	9	-Grup çalışması gerektiren modelleme aktiviteleri, bazı öğrencilerde iş birliği eksikliğine ve motivasyon kaybına neden olması -Uygulanan modelleme etkinliklerinin öğrencilerin ilgi alanlarına hitap etmemesi -Özellikle zorlayıcı problemler karşısında öğrencilerin motivasyonlarının azalması -Problem çözme sürecinde zorluk yaşayan öğrencilerin ilgisi ve motivasyonunun düşmesi
		Yeterli Katılımın Sağlanamaması	6	-Öğrencilerin, zaman yönetiminde zorlandıkları için etkinliklere tam katılım gösterememesi. -Ortaokul 1. sınıf öğrencileri oluşturdukları modeli probleme uyarlamada zorlukla karşılaştıkları durumlarda yeterli katılım sağlamaması -Öğrencilerin katılım düzeylerinin, etkinliklere olan ilgilerine göre değiştiği -Grup çalışmasında bazı öğrencilerin yeterli katılım göstermediği
		Eleştirel Düşünme Sorunu	5	- Eleştirel düşünmeyi teşvik eden sorular eksik kaldığında öğrencilerin daha yüzeysel yorumlarla sınırlı kalması -Problem durumuna alternatif çözümler önermedikleri görülmüştür. -Dikey matematikselleştirme sürecinde ise prosedürel işlemlerde başarılı oldukları ancak kavramlar ve işlemler arasında ilişkilendirmede zorlandıkları görülmüştür. -Modelleme sürecinde kavramsal hataların eleştirel düşünme eksikliğiyle ilişkili olduğu -Öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliği düzeyleri bakımından yorumlama basamağında genel olarak başarısız oldukları

Tablo 4.24.'e bakıldığında; sonuçları yorumlama zorluğu ($f=12$) kategorisinde, öğrencilerin modelleme süreçlerindeki soyut sonuçları somut olaylara uyarlamakta zorlandıkları, matematiksel kavramları tam olarak anlayamadıkları için sonuçları analiz etme becerilerinin zayıf olduğu ve bu nedenle derse katılım ve ilginin düştüğü belirtilmiştir. Öğrencilerin birçok değişken içeren problemlerle karşılaştıklarında hangi sonuçların önemli olduğunu belirlemekte güçlük çektikleri ve yanlış hesaplamalar sonucunda problem metnine tekrar dönmek zorunda kaldıkları ifade edilmiştir. Ayrıca, bazı öğrenciler doğru çözüme ulaşırsalar bile sonuçları doğrulamada yetersizlik yaşamış, bu da onların bilişsel ilişkilendirme yeteneklerinin zayıf olduğunu göstermiştir. Sonuçları yorumlayamama durumu, öğrencilerin kavramsal anlayış eksiklikleriyle bağlantılı olup derse katılımı azaltmaktadır.

Düşük motivasyon ($f=9$) kategorisinde, grup çalışması gerektiren modelleme etkinliklerinin bazı öğrencilerde iş birliği eksikliğine ve motivasyon kaybına yol açtığı belirtilmiştir. Uygulanan modelleme aktivitelerinin öğrencilerin ilgi alanlarına hitap etmemesi, özellikle zorlayıcı problemler karşısında öğrencilerin motivasyonlarının azalmasına neden olmuştur. Problem çözme sürecinde zorluk yaşayan öğrencilerde ilgi ve motivasyonun ciddi şekilde düştüğü belirtilmiştir.

Yeterli katılımın sağlanamaması ($f=6$) kategorisinde, öğrencilerin zaman yönetimi sorunları nedeniyle etkinliklere tam katılım sağlayamadıkları, ortaokul düzeyindeki öğrencilerin oluşturdukları modelleri probleme uyarlamakta zorlandıkları için katılım düzeylerinin düşük olduğu belirtilmiştir. Grup çalışmaları sırasında bazı öğrencilerin yeterli düzeyde katılım göstermediği, öğrencilerin etkinliklere olan ilgilerinin katılım düzeylerini etkilediği vurgulanmıştır. Bireysel farklılıkların ve grup içi dinamiklerin etkin katılım üzerinde belirleyici bir rol oynadığı görülmüştür.

Eleştirel düşünme sorunu ($f=5$) kategorisinde ise, eleştirel düşünme süreçlerini teşvik eden soruların eksik olduğu durumlarda öğrencilerin daha yüzeysel yorumlarla sınırlı kaldıkları görülmüştür. Ayrıca, öğrencilerin problem çözme süreçlerinde alternatif çözümler önermede başarısız oldukları, prosedürel işlemlerde başarılı olmalarına rağmen kavramlar ve işlemler arasında ilişki kurmada güçlük çektikleri ve etkin bir katılım sağlayamadıkları tespit edilmiştir. Modelleme sürecindeki kavramsal hatalar, eleştirel düşünme becerilerindeki eksikliklerle ilişkilendirilmiştir.

Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme-öğretme süreçlerindeki zorlukları açısından bir diğer alt tema olan *Etkinliklerin Gerçek Hayat ile İlişkilendirilememesi* alt temasına ait bulgulara bakıldığında; tez sonuçlarının *Gerçek Hayatla İlişkilendirme Eksikliği*, *Disiplinlerarası Yaklaşım Sorunu*, *Aktif Katılımın Sağlanamaması* ve *Öğrenci Yaşantısına Uygun Olmayan Etkinlikler* kategorilerinde toplandığı görülmektedir. Bu bulgular Tablo 4.25.'te sunulmuştur.

Tablo 4.25.'e göre; gerçek hayatla ilişkilendirme eksikliği (f=9) kategorisinde, öğrencilerin matematiksel modelleme problemlerini günlük yaşamla ilişkilendirmekte güçlük çektikleri vurgulanmıştır. Bu sorun, disiplinlerarası yaklaşımın eksikliğinden kaynaklanmakta ve öğrencilerin soyut matematiksel kavramları anlamalarını zorlaştırmaktadır. Öğrenciler, modelleme problemlerini çözmeye çalışırken, problemleri gerçek hayatla ilişkilendirmek yerine, soyut kavramları çözüm süreçlerinde kullanmakta yetersiz kalmaktadırlar. Bu eksiklik, öğrencilerin matematiksel modelleri gerçek hayatta test etme ve bu modellerin geçerliliğini kontrol etme aşamalarında belirginleşmiştir. Ayrıca, öğretmenlerin de matematiksel modelleme yöntemini günlük hayatla ilişkilendirme konusunda eksiklikleri olduğu görülmüştür. Öğretmenler, modelleme etkinliklerini somutlaştırmayı sağlama çabasında oldukları halde, günlük hayatla ilişkilendirme basamağında yetersiz kalmaktadırlar.

Disiplinlerarası yaklaşım sorunu (f=6) kategorisinde, modelleme etkinliklerinin sadece matematiksel çerçeve içinde kalması ve diğer disiplinlerle bağlantı kurulamaması dikkat çekmiştir. Bu durum, öğrencilerin özellikle soyut kavramlar ve değişkenler üzerinde çalışırken daha az matematiksel ilişkilendirme yapmalarına neden olmuştur. Örneğin, Türk dili ve edebiyatı derslerinde gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinde, öğrencilerin matematiksel değişkenleri daha az kullandığı ve daha fazla sözel muhakemeye başvurdukları tespit edilmiştir. Disiplinlerarası bağlantıların zayıf olması, öğrencilerin modelleme sürecini anlamlandırmasını güçleştirmiştir.

Tablo 4.25. Etkinliklerin gerçek hayat ile ilişkilendirilememesi alt temasına ait bulgular

Tema	Alt Tema	Kategoriler	f	İlgili Sonuçlar
Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Öğrenme-Öğretme Süreçlerindeki Zorlukları	Etkinliklerin Gerçek Hayat ile İlişkilendirilememesi	Gerçek Hayatla İlişkilendirme Eksikliği	9	- Öğrencilerin problemlerin günlük yaşamdaki karşılıklarını anlamakta zorlanmaları -Disiplinlerarası yaklaşımın eksikliği, öğrencilerin soyut kavramları anlamakta güçlük çekmelerine neden olması -Öğrencilerin çözdükleri her modelleme probleminde gerçek hayat problem durumunu başlangıç olarak kabul etmiş, yatay matematikselleştirme sürecinde problemin içeriğine göre kavramlarını geliştirmeleri. -İlköğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme yöntemini, somutlaştırmayı sağlama ve günlük hayat ile ilişkilendirme şeklinde algıladıkları tespit edilmiştir. -Öğrenciler modelleme süreç basamakları ve özellikle de kabul veya varsayımda bulunma ve elde edilen modelin gerçek hayatta geçerliliğini test etme basamağında öğrencilerin güçlüklerle ve yetersizliklere sahip olmaları
		Disiplinler arası Yaklaşım Sorunu	6	- Etkinliklerin sadece matematik alanında kalması, diğer disiplinlerle bağlantı kurma konusunda eksiklikler -Matematik dersinde yapılan matematiksel modelleme problemi çözümleri ile kıyaslandığında Türk dili ve edebiyatı dersinde yapılan matematiksel modelleme problemi çözümlerinde öğrencilerin matematiksel değişkenleri daha az kullandığı, daha fazla sözel muhakemeler ile çözüme gittikleri
		Aktif katılımın sağlanamaması	5	- Grup çalışmaları sırasında bazı öğrencilerin sürece aktif katılmamaları. - Çeşitli çözüm yollarının bulunması, grup içindeki görüş ayrılıkları, problemlere aşinalık eksikliği ve işlemsel zorluklar nedeniyle katılımın düşük olması.
		Öğrenci Yaşantısına Uygun Olmayan Etkinlikler	4	- Tasarlanan etkinliklerin sadece 3 öğretmen tarafından gerçeklik prensibine uygun olarak gerçekleştirilebilmesi. -Tasarlanan etkinliklerde yer alan problemler, öğrencilerin gündelik yaşamlarında karşılaşılabilecekleri durumları kapsadığı sürece, öğrencilerin dikkatini çekmektedir. -Öğrencilerin günlük yaşamlarına hitap etmeyen etkinlikler, sürece katılımlarını olumsuz etkilemiştir.

Aktif katılımın sağlanamaması (f=5) kategorisinde, grup çalışmalarında öğrencilerin sürece yeterince aktif katılamadıkları ifade edilmiştir. Grup içinde çözüm yollarının fazla olması, fikir uyuşmazlıkları ve problemin aşına olunmayan yönleri,

katılımı olumsuz etkilemiştir. Ayrıca, grup çalışmalarındaki işlemsel zorluklar ve problemlerle ilgili bilgi eksiklikleri de öğrencilerin katılım düzeylerini düşürmüştür. Bu durum, öğrencilerin modellemelerde gerçek hayatla ilişkilendirememesi sorunlarına neden olmaktadır.

Öğrenci yaşantısına uygun olmayan etkinlikler ($f=4$) kategorisinde, tasarlanan etkinliklerin öğrencilerin günlük yaşamlarıyla yeterince örtüşmediği vurgulanmıştır. Gerçek hayatla ilişkisi sınırlı olan etkinlikler, öğrencilerin ilgisini çekmekte başarısız olmuş ve dolayısıyla etkinliklerin gerçek hayat ile ilişkilendirilememesine neden olmuştur. Hazırlanan etkinliklerin yalnızca sınırlı öğretmen tarafından gerçeklik prensibine uygun olarak gerçekleştirilebilmesi, etkinliklerin büyük ölçüde öğrencilerin yaşantısına hitap etmediğini göstermektedir. Öğrencilerin günlük yaşantısına yönelik olmayan etkinlikler, onların matematiksel modelleme süreçlerine dahil olmasını zorlaştırmış ve öğrenme süreçlerini olumsuz yönde etkilemiştir.

Araştırma sonuçlarında öğrencilerin soyut kavramları günlük yaşamla ilişkilendirmekte zorlandığı ve disiplinler arası bağlantıların zayıf olduğu belirtilmiştir. Öğretmenlerin de günlük yaşamla bağlantı kurma konusunda yeterli rehberlik sağlayamaması, öğrencilerin bu süreçte daha fazla zorluk yaşamasına neden olmuştur denebilir. Disiplinler arası yaklaşımların eksikliği, matematiksel düşünme süreçlerini olumsuz etkilemiş ve öğrencilerin problem çözme süreçlerinde kavramsal ilişkilendirmeler yapmalarını zorlaştırmıştır. Grup çalışmalarında iş birliği eksikliği ve öğrencilerin ilgi alanlarına hitap etmeyen etkinlikler, öğrenme süreçlerini olumsuz etkilemektedir. İş birliği eksikliği öğrencilerin aktif katılım göstermemesine ve motivasyon eksikliği yaşamalarına neden olmuştur. Grup içi dinamiklerin zayıf olması ve zaman yönetimi sorunları, öğrencilerin öğrenme süreçlerinde iş birliği temelli etkinliklerden yeterince yararlanamamalarına yol açmıştır. Bu bağlamda, grup çalışmalarının daha etkili bir şekilde organize edilmesi ve öğrencilerin ilgi alanlarına yönelik etkinliklerle desteklenmesi önemlidir.

4.3. Dördüncü Alt Araştırma Sorusuna Yönelik Bulgular ve Tartışma

Matematik eğitimi alanında hazırlanan, matematiksel modelleme ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezlerinin önerilerine yönelik dağılım, dördüncü araştırma sorusu kapsamında incelenmiştir. Bu amaçla yapılan içerik analizi sonucunda bulgular 3

temada toplanmıştır. Bunlar *Öğretmenlere Yönelik Öneriler*, *Araştırmacılara Yönelik Öneriler* ve *Eğitimde Politika Yapıcılara Yönelik Öneriler* temalarıdır.

Öğretmenlere Yönelik Öneriler temasına ait alt temalar ve ilgili öneriler Tablo 4.26.'da sunulmuştur.

Öğretmenlere Yönelik Öneriler alt temasına ait bulgular, MME'lerin etkili uygulanması için çeşitli iyileştirme alanlarına işaret etmektedir. İlk önemli öneri, öğretmenlerin Fermi problemlerini yakın problem bağlamından uzak problem bağlamına doğru sıralayarak ders planı yapmalarının gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu yapılandırılmış yaklaşım, problem çözme becerilerini geliştirmek açısından önemlidir. Ayrıca, öğretim sürecine çoklu ve sürekli modelleme etkinliklerinin entegre edilmesi hem öğretmenler hem de öğrenciler için önemli bir deneyim kazandıracaktır. İş birliğini teşvik etmek amacıyla küçük grup tartışmalarının kullanılması önerilmekte ve modelleme etkinliklerinin, öğrencilerin günlük yaşamlarından alınan otantik durumlarla yürütülmesi gerektiği belirtilmektedir.

Bunun yanı sıra, öğretmenlerin dersin başlangıcında formüller ya da tanımlarla başlamamaları, bunun yerine matematiksel kavramları anlamlı hale getirmek için uygun modellemelerle matematikleştirme sürecine geçmeleri gerektiği ifade edilmektedir. Matematik derslerinin her ünitesi sonunda bir modelleme etkinliği düzenlenerek, öğrencilerin deneyim kazanmalarının sağlanabileceği belirtilmiştir. Grup çalışmalarına teşvik amacıyla, öğrencilerin etkileşimde bulunabilecekleri öğrenme ortamlarının oluşturulması gerektiği vurgulanmakta, mikro öğretim yoluyla uygulamaların iyileştirilmesi ve beceri temelli etkinliklerin teşvik edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, iş birliğiyle oluşturulan modellerin sınıfta sunulmasının faydalı olacağı belirtilmektedir.

Tablo 4.26. Öğretmenlere yönelik öneriler alt temasına ait bulgular

Tema	Alt Tema	F	İlgili Sonuçlar
Öğretmenlere Yönelik Öneriler	Etkili MME uygulama süreci	18	-İş birliği yapabilmeleri için küçük grup tartışması kullanılmalıdır. -MM durumlarının öğrencilerin kendi günlük yaşamlarından alınan otantik durumlar üzerinden yürütülmesi tercih edilmelidir. -Matematikleştirme uygun modellemelerden sonra yapılmalıdır. -Böylece kavram ile matematik dili arasında ilişki anlamlı olacaktır. -İlkokulda matematiksel kavramların öğretiminde dersin başlangıcında formül, tanım gibi durumlarla başlanmamalıdır. -Matematik derslerinde, her ünite sonunda bir MOE konularak öğrencilerin deneyim kazanmaları sağlanabilir.
	Grup çalışmalarına teşvik	12	-Grupların karşılıklı etkileşime girebilecekleri öğrenme ortamları hazırlanmalıdır. -Mikro öğretim yoluyla uygulama sonrası etkinliklerin iyileştirilmesi önerilmektedir. -Beceri temelli etkinlik geliştirmeleri ve sınıf ortamında uygulamaları teşvik edilmelidir.
	Aktif öğrenci katılımının sağlanması	10	-Mümkün olduğunca öğrencilerin kendilerinin birinci elden ölçüm yapmaları ve veri toplamaları sağlanmalıdır. -MM sürecinde küçük grup çalışmasından sonra büyük sınıf tartışması önerilmektedir.
	MM sürecinde öğrenci ihtiyaçlarının dikkate alınması	9	- Modelleme etkinlikleri oluşturulurken, öğrencilere yeni ve alışılmadık gelen, daha önce karşılaşma olasılığı düşük olan görsel ve problem senaryolarına yer verilmesi önemlidir.
	Zorlanılan konularda MME kullanımının artırılması	5	-Öğrencilerin zorlandıkları cebirsel ifadeler, denklemler, olasılık ve oran-orantı gibi konularda modelleme etkinlikleri ile öğretim gerçekleştirilebilir. -Öğrenci görüşlerine göre en çok zorlanılan durumlar sırasıyla; model oluşturma, grupta çalışma ve zaman yönetimi, problemi anlama, matematik kullanma, sonucu açıklama şeklindedir. Bu bağlamda MME'lerine yön verilebilir.
	Teknolojinin kullanımının artırılması	4	-Teknoloji destekli matematik öğretimi ve gerçek yaşam problemlerinden yola çıkarak yaratıcı drama ile desteklenmiş matematik öğretim yöntem ve teknikleri kullanılabilir. -Hızlı ve kolay ulaşılabilecek uygulamalar ve uygulamaların kullanılması önerilmektedir.
	MME konusunda mesleki gelişim ihtiyacı	4	-Matematik öğretmenlerinin modelleme etkinliklerini uygulama sürecinde fark etme beceri düzeylerinin gelişimi video kayıt altına alınarak öğretmenlere izletilmesi ve kendi öz değerlendirmelerini yapmaları sağlanabilir. -Öğretmenlerin fark etme becerisini geliştirici hizmet içi eğitimlere katılması önerilmektedir.
	Farklı öğrenme ortamlarının kullanımı	3	-Okul bahçesi ve çevresindeki etkinliğe uygun alanlar, bilim merkezleri, parklar ve müzeler çalışma için kullanılabilir. -Öğrencilerin MOE'leri uygulayabilecekleri ve modelleme yeterliklerinin gelişimine katkı sağlayacak çalışma ortamlarının okullarda olması önerilmektedir.
	Öğretmenlerin farkındalıklarının artırılması	2	-Öğretmenlerin matematiksel modellemeye ilişkin farkındalıkları artırılabilir.

Aktif öğrenci katılımını sağlamak için, öğrencilerin bizzat ölçüm yapmaları ve veri toplamalarının teşvik edilmesi gerekmektedir. Küçük grup çalışmalarının ardından büyük sınıf tartışmaları önerilmektedir. Öğrenci ihtiyaçlarının dikkate alındığı modelleme etkinliklerinin, daha önce karşılaşılma olasılığı düşük görseller ve problem durumları ile hazırlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Özellikle zorlanılan konularda, cebirsel ifadeler, denklemler, olasılık ve oran-orantı gibi alanlarda modelleme etkinliklerinin kullanımının artırılabilceği ifade edilmektedir. Öğrencilerin zorlandıkları başlıca konular; model oluşturma, grupta çalışma, zaman yönetimi, problemi anlama, matematik kullanma ve sonucu açıklama olarak sıralanmıştır.

Teknoloji destekli matematik öğretimi ve gerçek yaşam problemlerine dayalı yaratıcı drama ile desteklenen öğretim yöntemlerinin kullanılması önerilmekte, ayrıca hızlı ve kolay ulaşılabilir uygulamaların tercih edilmesi gerektiği belirtilmektedir. MME konusunda öğretmenlerin mesleki gelişim ihtiyacına vurgu yapılmakta ve öğretmenlerin fark etme becerilerinin gelişimi için hizmet içi eğitimlere katılmaları önerilmektedir. Farklı öğrenme ortamlarının kullanımına da dikkat çekilmekte, okul bahçesi, bilim merkezleri ve parklar gibi alanların etkinlikler için uygun ortamlar olabileceği belirtilmektedir. Son olarak, öğretmenlerin matematiksel modelleme konusundaki farkındalıklarının artırılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Öğretmenlere yönelik önerilere bakıldığında; öğretmenlerin çoklu modelleme etkinliklerini öğretime entegre etmeleri ve bu süreçte küçük grup tartışmaları ile otantik günlük yaşam durumlarını kullanmaları gerektiği vurgulanmaktadır. Bu tür etkinlikler, öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmelerine ve soyut kavramları somut örneklerle ilişkilendirmelerine yardımcı olmaktadır (Blum ve Ferri, 2009). Bu bağlamda, otantik öğrenme ortamları sağlanarak öğrencilerin gerçek dünya problemleri ile karşı karşıya kalmaları önemlidir. Matematiksel modelleme sürecinin ders başlangıcında formül ve tanım vermek yerine anlamlı modellemelerle başlatılması gerektiği önerisi, öğrenme süreçlerini daha etkileşimli ve anlamlı kılmak için güçlü bir adımdır. Araştırmalar, öğrencilerin kavramları önce uygulayarak, ardından tanım ve formüllerle ilişkilendirdiğinde daha derinlemesine öğrendiklerini göstermektedir (English, 2006). Öğretmenlerin bu süreci derslerinin başlangıcına dahil etmesi, öğrencilerin soyut kavramları daha kolay kavramalarına ve bu kavramları günlük yaşamlarıyla ilişkilendirmelerine yardımcı olabilir. Ayrıca, öğrenci etkileşiminin

artırılması için uygun öğrenme ortamlarının oluşturulması gerektiği belirtilmektedir. Bu tür ortamlar, öğrencilerin derse aktif katılımını sağlamak ve iş birliğine dayalı öğrenme fırsatları yaratmak için elzemdir (Lesh ve Doerr, 2003). Mikro öğretim uygulamalarının, öğretmenlerin modelleme etkinliklerinde rehberlik yeteneklerini geliştirmesine ve bu etkinlikleri sınıf ortamında daha etkili bir şekilde uygulamalarına yardımcı olacağı öne sürülmektedir. Bu uygulamalar, öğretmenlerin öğrencilerin ihtiyaçlarına daha duyarlı olmalarını ve bireysel yönlendirme yapmalarını sağlayarak öğrenme çıktıları olumlu yönde etkileyebilir.

Öğrencilerin veri toplama ve ölçüm yapmaları teşvik edilerek, modelleme etkinliklerinde aktif katılımın sağlanması gerekliliği önerilerde vurgulanmaktadır. Bu uygulama, öğrencilerin problem çözme süreçlerine dahil olmalarını ve kendi çözümlerini üretmelerini sağlayarak üstbilişsel becerilerinin gelişimine katkıda bulunmaktadır (Verschaffel ve ark., 2002). Özellikle küçük grup çalışmaları ve büyük sınıf tartışmaları gibi yöntemler, iş birliğine dayalı öğrenmeyi destekler ve öğrencilerin problem çözme süreçlerinde farklı bakış açıları geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Teknoloji destekli öğretimin MME etkinlikleriyle birlikte kullanılması önerisi, bu süreçleri daha verimli ve etkileşimli kılabilir. Farklı yazılımların işe koşulması öğrencilerin matematiksel kavramları daha görsel ve etkileşimli bir şekilde öğrenmelerine olanak sağlamaktadır. Öğrencilerin teknoloji kullanarak kendi modellerini oluşturmaları, matematiksel soyutlamayı somutlaştırmalarını kolaylaştırır ve böylece öğrenme süreçleri hızlanmaktadır (Hohenwarter ve Preiner, 2007).

Öğretmenlerin mesleki gelişimlerinin desteklenmesi ve hizmet içi eğitimlerle MME'ye dair bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi gerekliliği, öğretim süreçlerinin daha etkili hale getirilmesinde kritik rol oynamaktadır. Araştırmalar, öğretmenlerin matematiksel modelleme ve teknolojiyi etkili bir şekilde kullanabilmeleri için mesleki gelişim fırsatlarına ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır (Zawojewski ve ark., 2008). Bu bağlamda, hizmet içi eğitim programlarının, öğretmenlerin bu alanlarda bilgi ve becerilerini güçlendirmeye yönelik tasarlanması önerilmektedir. MME etkinliklerinin, öğrencilerin matematiksel ilişkilendirme ve öz yeterlik inançlarını güçlendirmek için kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Öz yeterlik, öğrencilerin matematiksel başarılarında belirleyici bir faktör olup, modelleme süreçlerinin etkili bir şekilde kullanılmasıyla bu inançlar güçlendirilebilir (Bandura, 1997). Özellikle uzun süreli

deneysel çalışmalar, MME'nin öğrenciler üzerindeki uzun vadeli etkilerini araştırmak açısından önemlidir.

Araştırmacılara Yönelik Öneriler temasına ait alt temalar ve ilgili öneriler Tablo 4.27.'de sunulmuştur.

Tablo 4.27. Araştırmacılara yönelik öneriler alt temasına ait bulgu

Tema	Alt Tema	f	İlgili Sonuçlar
Araştırmacılara Yönelik Öneriler	Matematiksel modelleme kriterlerinin geliştirilmesi	15	- Matematiksel modelleme ile ilgili kriterler geliştirilmelidir. -Uygulayıcılara yönelik örnek teşkil edebilecek bir modelleme örnek fasikülü hazırlanabilir. -Öğretmenler, öğrenci seviyelerine uygun matematiksel modelleme etkinliklerini içeren bir çalışma kitabı hazırlayabilirler. -Kitaplarda, matematiksel modelleme gerektiren problemlere de yer verilmelidir. -Problem çözme stratejilerini ele alan kitaplarda, rutin olmayan sözel problemlerin yanı sıra modelleme etkinliklerine ve bu etkinliklerde kullanılabilecek stratejilere de daha fazla yer verilmelidir.
	MME'lerinin daha da artırılması	14	-Olasılık konusuyla ilgili yapılan araştırmaların ve geliştirilen modelleme etkinliklerinin sayısının artırılması önemlidir. -Matematiksel beceriler ile ilgili etkinlik geliştirme çalışmaları yapılması önerilmektedir. -Etkinliklerin sayısı artırılarak daha farklı çalışmalar yapılabilir. - Model-oluşturma etkinliklerinin çoğaltılması bundan sonraki çalışmalar için önerilmektedir. - Öğrencilerin matematiksel ilişkilendirme becerilerine olan özgüvenlerinin artması için, öğretim faaliyetlerinin sayısı artırılmalı ve sınıf içi etkinliklere daha fazla odaklanılmalıdır.
	MME'nin etkisinin araştırılması	14	-Modelleme etkinliklerinin, LGS, PISA, TIMMS gibi ulusal ve uluslararası sınavlardaki öğrenci başarıları üzerindeki etkisi ve bu etkileşimin analizi yapılmalıdır. -Modelleme etkinliklerinin, geleneksel öğretim yöntemlerinden farklı yaklaşımlar ile karşılaştırıldığı tezler hazırlanabilir. -Matematiksel modelleme uygulamalarının öğrenciler üzerindeki kalıcılığının ele alındığı araştırmalar yapılabilir. -İlköğretim öğrencilerinde öğrenme stilleri ile ders motivasyonu, derse yönelik tutum ve problem çözme becerisi arasındaki ilişki incelenmelidir. -MOE'lerin argümantasyon becerilerinin gelişiminde etkisinin anlamlı olup olmadığı deneysel çalışmalarla ortaya konulabilir.
	Uzun süreli deneysel çalışmalar	12	-Daha küçük yaş gruplarından itibaren uzun soluklu çalışmalar yapılmalıdır. -Farklı sürelerle gerçekleştirilen matematiksel modelleme uygulamalarının öğrenciler üzerindeki etkileri araştırılmalıdır. -Fene yönelik MM çalışmalarının artırılması ve MM uygulamalarının uzun süre yapılması önerilmektedir. -Gerçek sınıf uygulamalarının farklı sınıf seviyelerinde ve daha uzun soluklu süreçlerde gerçekleştirilme durumları araştırılabilir görülmektedir.
	Çoklu veri	12	-Yapılan testlerin ardından, daha ayrıntılı sonuçlar elde etmek

Tema	Alt Tema	f	İlgili Sonuçlar
	toplama araçlarının işe koşumu		amacıyla ek nitel çalışmalara yer verilmesi önemlidir. -Çeşitli öğrenme alanlarına yönelik modelleme etkinliklerinin yeterlilik gelişimine katkı sağlaması için teorik ve pratik çalışmaların yapılması tavsiye edilmektedir. -Araştırma sonrası günlüklere düşüncelerini not etmeleri istenebilir. -Daha büyük bir çalışma grubuyla ve nitel araştırmalarla bu ilişkinin boyutları detaylandırılabilir.
	Karşılaşılan problemlere yönelik araştırmalar	9	-Matematiksel modelleme problemlerinde karşılaşılan zorlukların çözülmesine yönelik yeni araştırmalar yapılabilir. -Ders motivasyonu, problem çözme tutumları ve problem çözme yetenekleri arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar gerçekleştirilebilir. -Matematiksel modelleme sürecinde problem oluşturma rolünü ele alan farklı perspektiflerle araştırmalar yapılması önerilmektedir. -Modelleme problemleri çeşitli özelliklere göre kategorize edilip, öğrencilerin modelleme becerilerindeki ilerlemeler analiz edilebilir.
	Modelleme ile STEM çalışmalarının birlikte ele alınması	8	- STEM eğitimlerinde, özellikle matematiksel modelleme konusundaki çalışmaların da dahil edilmesi önemlidir. -STEM'e geçiş sürecinde, disiplinler arası matematiksel modelleme kullanımının çeşitli değişkenler üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar yapılabilir. -Matematik ile STEM'e birleştirilerek çevresel sorunlar hakkında farkındalık oluşturulması önerilmektedir.
	Çok paydaşlı araştırmalar	8	-Çalışmalar, öğretmen ve öğretmen adayları ile ilkökul ve lise öğrencileri ile yürütülmelidir. -Yeni etkinlikler öğretmen adayları ile birlikte tasarlanabilir. -Sınıf öğretmenlerinin matematiksel modellemeye yönelik öz-yeterlik algılarının belirlenmesi gerekmektedir. -Farklı branşlardaki öğretmenlere de uygulanarak karşılaştırmalar yapılabilir. -Deneyisel çalışmaların daha geniş bir örneklem üzerinde yapılması önerilmektedir.
	Küçük yaş gruplarının da dahil edildiği araştırmalar	7	-Bu tür çalışmalara, ilkökul seviyesinde daha fazla odaklanılması önerilmektedir. -Model oluşturma etkinlikleri, okul öncesi eğitimden başlayarak ilkökul ve ortaokul müfredatlarında süreklilik sağlanacak şekilde dahil edilebilir. -Ortaokul 5. sınıf müfredatında bulunan matematik uygulamaları dersinin, 1. ve 4. sınıfları da kapsayacak şekilde genişletilmesi, öğrencilerin erken yaşlardan itibaren modelleme deneyimi kazanmalarına olanak tanıyabilir.
	Çok yöntemli araştırmalar	5	- Bu nedenle, matematiksel modelleme ve karmaşık yaklaşımların bir arada kullanıldığı eylem araştırmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. - Türkiye'nin farklı sosyoekonomik düzeylere sahip bölgelerinde ve okullarında uygulamalar yapılarak konu daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilir. - Matematiksel modelleme etkinlikleriyle öğretim yaklaşımının, TIMSS'in diğer alanlarında veya İlköğretim MEB müfredatındaki tüm matematik konularında kapsamlı bir şekilde araştırılması mümkün olabilir.

Tema	Alt Tema	f	İlgili Sonuçlar
	Teknoloji entegreli matematiksel modelleme çalışmaları	5	-Gelecek araştırmalarda, teknoloji ile matematiksel modelleme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalara yer verilerek literatüre katkı sağlanabilir. -Geogebra ve Web 2.0 araçlarının kullanılmasıyla, teknoloji destekli öğrenme ortamlarının modelleme yeterlikleri üzerindeki etkileri araştırılmalıdır.
	Dikey araştırmalara yer verilmesi	3	- Farklı sınıf seviyelerindeki öğrencilerin aynı matematiksel modelleme problemleri üzerinde çalışarak modelleme yeterlilikleri karşılaştırılabilir.
	Küçük gruplarla derinlemesine araştırmalar	2	- Daha geniş öğrenci grupları ile yapılan çalışmalar yeniden değerlendirilebilir veya daha küçük bir grupta derinlemesine bir araştırma gerçekleştirilebilir.

Tablo 4.27.'de görüldüğü gibi araştırmacılara yönelik öneriler teması altında, MME'nin daha etkili ve yaygın bir şekilde uygulanması için çeşitli öneriler sunulmuştur. Öncelikle, matematiksel modelleme kriterlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca öğretmenler ve öğrenciler için seviye bazlı etkinlikler içeren kitaplar hazırlanmalı, matematiksel modelleme ile ilgili örnek fasiküller oluşturulmalıdır. Bununla birlikte, problem çözme stratejileri ile ilgili kitaplarda rutin olmayan problemlerin yanı sıra model oluşturma etkinliklerine de yer verilmesi önerilmektedir.

Etkinliklerin daha da artırılması gerektiği üzerinde durulmuş ve özellikle olasılık öğrenme alanında daha fazla model oluşturma etkinliğinin geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Öğrencilerin matematiksel ilişkilendirme ve öz yeterlik inançlarını güçlendirmek için öğretim etkinliklerinin sayısı artırılmalıdır. MME'lerinin öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkilerini araştırmak üzere LGS, PISA ve TIMMS gibi sınavlarla ilişkili çalışmalar yapılması önerilmiştir. MME'nin geleneksel öğretim yöntemi dışında diğer yöntemlerle karşılaştırıldığı araştırmaların yapılması da önerilen çalışmalar arasındadır.

Uzun süreli deneysel çalışmaların gerekliliği de vurgulanmış ve daha küçük yaş gruplarından başlayarak uzun soluklu araştırmalar yapılması gerektiği belirtilmiştir. Farklı sürelerle gerçekleştirilen matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilere olan etkilerinin araştırılması, fenile ilişkilendirilmiş MME çalışmalarının artırılması ve daha uzun süren araştırmalar şeklinde yürütülmesi gerektiği ifade edilmektedir. Bu çalışmaların, çoklu veri toplama araçları ile desteklenmesi gerektiği, nitel ve nicel

araştırma yöntemlerinin birlikte kullanılarak derinlemesine sonuçlar elde edilmesinin önemine dikkat çekilmiştir.

Matematiksel modelleme problemlerinde karşılaşılan güçlükler ve bu problemlerin nasıl aşılabileceği üzerine yapılacak araştırmaların da önemli olduğu belirtilmiştir. Özellikle öğrencilerin ders motivasyonu, problem çözmeye yönelik tutumları ve becerileri arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaların artırılması gerektiği ifade edilmiştir. STEM çalışmaları ile matematiksel modelleme etkinliklerinin bir arada ele alınması önerilmiş ve disiplinler arası çalışmaların yapılmasının önemine değinilmiştir.

Araştırmaların farklı paydaşlarla, özellikle öğretmen ve öğretmen adaylarıyla birlikte yürütülmesi gerektiği belirtilmiştir. Aynı zamanda, ilkökul ve ortaokul seviyesindeki küçük yaş gruplarının da bu çalışmalara dahil edilmesi ve modelleme deneyimlerinin erken yaşlardan itibaren kazandırılması önerilmektedir. Ayrıca, çok yönlü araştırmaların yapılmasına ve farklı sosyoekonomik bölgelerde bu tür çalışmaların kapsamlı şekilde gerçekleştirilmesine dikkat çekilmiştir.

Bir diğer bulgula olarak ise; teknoloji entegreli matematiksel modelleme çalışmaları önerilmekte, özellikle Geogebra ve Web 2.0 araçlarının kullanılarak bu etkinliklerin etkilerinin araştırılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, dikey araştırmalara yer verilerek farklı sınıf seviyelerinde öğrencilerin modelleme yeterliklerinin karşılaştırılması ve küçük gruplarla derinlemesine araştırmalar yapılması önerilmektedir.

Araştırmacılar açısından öğrencilerin farklı sınavlarla ilişkili olarak matematiksel modelleme becerilerinin test edilmesi gerektiği önerisi, uluslararası sınav sonuçlarına dair yapılan analizlerle desteklenebilir. PISA ve TIMSS gibi sınavlarda matematiksel modelleme becerileri iyi olan öğrencilerin, problem çözme ve eleştirel düşünme alanlarında daha başarılı oldukları gözlemlenmiştir (Doğan ve Barış, 2010). Bu bağlamda, farklı yaş gruplarına yönelik MME çalışmalarının daha fazla araştırılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Eğitimde Politika Yapıcılara Yönelik Öneriler temasına ait alt temalar ve ilgili öneriler Tablo 4.28.'de sunulmuştur.

Tablo 4.28. Eğitimde politika yapıcılara yönelik öneriler alt temasına ait bulgular

Tema	Alt Tema	f	İlgili Sonuçlar
Eğitimde Politika Yapıcılara Yönelik Öneriler	Hizmet içi eğitim programları	48	-Öğretmenler için modelleme etkinliklerinin sınıf içi kullanımına yönelik eğitici ve teşvik edici konulu hizmet içi faaliyetler planlanmalıdır. -Matematik öğretmenlerine yönelik özel eğitim programları düzenlenmeli ve bu programlar kapsamında matematiksel modelleme yöntemleri hakkında eğitim verilmelidir. -Matematiksel modelleme süreçlerinde teknoloji kullanımı teşvik edilmeli, bilgisayar yazılımları ve uygulamalarıyla öğrencilerin modelleme yaparken daha etkili ve yaratıcı çözümler üretmeleri sağlanmalıdır. -Farklı ülkelerdeki eğitim sistemleriyle iş birlikleri kurularak matematiksel modelleme alanında yenilikçi yaklaşımlar paylaşılmalıdır.
	Üniversitelerde ilgili derslerin verilmesi	37	-Üniversitelerde bu alanda matematiksel modelleme eğitimi dersi verilmelidir. -Matematiksel modelleme eğitimi ve STEM eğitimi, eğitim fakültelerinde tüm öğretmen adayları için zorunlu dersler kapsamına alınabilir.
	Etkili değerlendirme yöntemlerinin kullanılması	34	-Matematiksel modelleme becerilerinin değerlendirilmesi için yeni değerlendirme yöntemleri geliştirilmelidir. - Ulusal ve uluslararası sınavlara etkisinin yanında modellemelere özgün değerlendirme sistemi kullanılmalıdır.
	Sistematiik çalışma kitabı oluşturulması	23	-Matematiksel modelleme konusunda tecrübe kazanılması amacıyla, sınıf seviyesinin bütün matematik öğretim programını kapsayacak şekilde ünitelere göre sınıflandırılması önerilmektedir. - Model oluşturma etkinlikleri için öğretmenlerin öğrenci seviyelerine uygun matematiksel modelleme etkinliklerinin olduğu çalışma kitabı düzenlenebilir. -Öğrencilere yönelik etkileşimli eğitim materyalleri ve kaynakları sağlanmalıdır.
	Eğitimde modelleme süreçlerinin izlenmesi	21	-Okul öncesi dönemden lise sona kadar olan dönemde modelleme uygulamalarına kesintisiz olarak yer verilebilir. -Modelleme uygulamaları ile ilgili geniş çaplı izlemeler uygulanarak ilgili paydaşlara geri dönütler verilmelidir.
	Ders saatlerine MM ve STEM uygulamaları eklenmesi	11	- 5. Sınıftan itibaren modelleme ve STEM dersi seçmeli ders olarak okul müfredatına dahil edilebilir. - MME ve STEM etkinlikleri öğretmen yetiştirme programlarına eklenmelidir.

Tablo 4.28’de görüldüğü gibi; öğretmenlerin MME’leri daha etkin bir şekilde kullanabilmeleri için eğitimde politika yapıcılara yönelik öneriler çeşitli alt temalar altında sunulmaktadır. İlk olarak, hizmet içi eğitim programlarının önemine vurgu yapılmıştır. Bu bağlamda, öğretmenlerin sınıf içi modelleme etkinliklerini etkili bir şekilde kullanmalarını sağlamak amacıyla eğitici ve teşvik edici hizmet içi faaliyetlerin

planlanması gerekmektedir. Matematik öğretmenlerine yönelik özel eğitim programları düzenlenmeli, bu programlarda özellikle matematiksel modelleme yöntemleri hakkında eğitim verilmelidir. Ayrıca, modelleme süreçlerinde teknolojinin kullanımı teşvik edilmelidir; bilgisayar yazılımları ve uygulamalarına erişim kolaylaştırılarak öğrencilerin daha yaratıcı ve etkili çözümler üretmeleri sağlanabilir. Diğer ülkelerle iş birlikleri kurularak, matematiksel modelleme alanında yenilikçi yaklaşımlar paylaşılmalıdır.

Üniversitelerde bu alanda verilen derslerin artırılması önerilmiştir. Özellikle matematiksel modelleme eğitimi ve STEM eğitiminin tüm öğretmen adayları için zorunlu dersler kapsamına alınabileceği belirtilmiştir. Üniversitelerde matematiksel modelleme derslerinin artırılması, öğretmen adaylarının bu becerileri geliştirmelerine katkıda bulunabilir. Bunun yanı sıra, sınıf seviyelerine uygun çalışma kitaplarının hazırlanması, öğrencilerin MME'lerden daha fazla faydalanmalarını sağlayacaktır (Erdem ve ark., 2017). Etkili değerlendirme yöntemlerinin kullanılması da önemli bir başka öneri olarak sunulmuştur. Matematiksel modelleme becerilerini ölçmek için yeni değerlendirme yöntemleri geliştirilmeli ve ulusal ve uluslararası sınavlarda kullanılacak özgün bir değerlendirme sistemi oluşturulmalıdır.

Bir diğer önemli öneri ise, sınıf seviyelerine uygun sistematik çalışma kitaplarının hazırlanmasıdır. Bu kitapların, matematik öğretim programlarını kapsayacak şekilde ünitelere göre sınıflandırılması ve öğrenciler için etkileşimli eğitim materyalleri ve kaynakları sağlaması gerektiği vurgulanmaktadır. Eğitimde modelleme süreçlerinin izlenmesi konusu da ele alınmıştır. Bu süreçlerin okul öncesinden lise sonuna kadar kesintisiz olarak uygulanması ve geniş çaplı izlemeler ile paydaşlara geri bildirim verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Modelleme etkinliklerinin okul öncesinden lise sonuna kadar kesintisiz uygulanması gerektiği vurgusu, öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini sürekli olarak geliştirmeleri açısından önemlidir. Bu süreçte, öğrencilerin günlük yaşamla bağlantı kurabilmeleri ve matematiksel soyutlamaları anlamlı bir şekilde kullanabilmeleri sağlanmalıdır. Son olarak, ders saatlerine MME'nin eklenmesi, bu uygulamanın yaygınlaştırılmasına katkı sağlayabilir.

Son olarak, modelleme ve STEM etkinliklerinin ders saatlerine eklenmesi önerilmiştir. Beşinci sınıftan itibaren bu etkinliklerin seçmeli ders olarak müfredata dahil edilmesi ve öğretmen yetiştirme programlarına eklenmesi gerektiği ifade

edilmiştir. Bu öneriler, eğitimde matematiksel modelleme süreçlerinin daha etkili ve yaygın bir şekilde kullanılmasına yönelik önemli adımlar olarak görülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Araştırmadan elde edilen sonuçlar bu bölümde maddeler halinde sunulmuştur.

1. *Tez Sayısı ve Yıllara Göre Dağılım:* 2013-2023 yılları arasında YÖK Tez ve ProQuest veri tabanlarında toplam 197 tez incelenmiştir. 2019 ve 2022 yıllarında tez sayısında belirgin bir artış gözlemlenmiş olup, her iki yılda da 32 tez hazırlanmıştır. 2020 ve 2021 yıllarında ise tez sayısında düşüş yaşanmıştır. Ancak, son yıllarda YÖK Tez veri tabanındaki tez sayısında artış eğilimi dikkat çekmektedir.
2. *Tez Türleri Açısından Ükelere Göre Dağılım:* Türkiye'deki tezlerin çoğunluğu yüksek lisans düzeyinde olup, toplamda 113 yüksek lisans ve 31 doktora tezi kaydedilmiştir. Yıllara göre incelendiğinde, Türkiye'deki yüksek lisans tezlerinde belirgin bir artış gözlemlenmiştir; 2019 yılında 21 ve 2022 yılında 22 teze ulaşılmıştır. Ancak, 2020 yılında bu sayı 6 tez ile düşüş göstermiştir. Doktora tezleri açısından Türkiye'de daha sınırlı bir artış yaşanmış, 2022 yılı 6 doktora tezi ile en yüksek sayıya ulaşılmıştır. ABD'de ise doktora tezleri ağırlıktadır; 46 doktora ve 6 yüksek lisans tezi kaydedilmiştir. Özellikle 2019 yılında doktora tezlerinde bir artış yaşanmış ve bu sayı 7'ye ulaşmıştır. Yüksek lisans tezleri ise ABD'de daha az çalışılmıştır ve yalnızca belirli yıllarda artış göstermiştir, 2020 ve 2022 yıllarında bu alanda bazı yükselmeler görülmüştür. Kanada'dan ise sadece 1 doktora tezi bulunmuştur.
3. *Tez Araştırmalarının Yapıldığı Üniversitelere Göre Dağılımı:* Türkiye'de matematiksel modelleme üzerine yapılan tezlerde en yüksek sayıya sahip üniversite Atatürk Üniversitesi olup, %9,72 oranıyla 14 tez üretmiştir. Onu, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi 10 tez (%6,94) ve Gazi Üniversitesi ile ODTÜ, her biri 8 tez (%5,56) ile takip etmektedir. Anadolu Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi 7 tez (%4,86) ile öne çıkan diğer üniversiteler arasında yer alırken, Marmara Üniversitesi 6 tez (%4,17) ile dikkat çekmektedir. Tezlerin danışmanlık süreçlerinde öne çıkan akademisyenler arasında, Atatürk Üniversitesi'nden Prof. Dr. Alper Çiltaş 7 tez ile ilk sırada yer alırken, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nden Prof. Dr. Mehmet Bekdemir ve Adıyaman

Üniversitesi'nden Prof. Dr. Ramazan Gürbüz 4 tez ile alanda önemli katkılar sağlamıştır.

4. ABD ve Kanada'daki matematiksel modelleme tezlerinde en yüksek frekansa sahip üniversite, 8 tez ve %15,09 oranıyla Columbia University'dir. The Ohio State University 5 tez ile ikinci sırada yer alırken, North Carolina State University, Purdue University, Ohio University ve University of Missouri her biri 2 tez (%3,77) ile bu alanda katkı sağlayan diğer üniversiteler olmuştur. ABD ve Kanada'da öne çıkan danışmanlar arasında ise Columbia University'den Dr. Bruce Vogeli 5 tez ile ilk sırada yer almış, onu 4 tez ile The Ohio State University'den Dr. Azita Manouchehri takip etmiştir. Tez atıflarına ait analizde, Dr. Bruce Vogeli bu alanda en çok atıf alan araştırmacı olarak öne çıkmıştır.
5. *Konuların yıllara Göre Dağılımı ve Değişimi:* Matematiksel modelleme konularının dağılımında en yaygın konu, 45 çalışmayla modelleme etkinlikleri geliştirme olmuştur. Bunu, 34 çalışma ile öğretim ve 27 çalışma ile matematiksel modelleme kullanım şekli takip etmektedir. Diğer önemli konular arasında teknoloji destekli matematiksel modelleme (21 çalışma), öğretici eğitimi (20 çalışma), matematiksel modellemenin matematik öğretim aracı olarak kullanımı (19 çalışma) ve büyük veri analizi (18 çalışma) yer alırken, kavram analizi daha az ilgi görmüş ve yalnızca 8 çalışmada ele alınmıştır.
6. Yıllara göre dağılıma bakıldığında, modelleme etkinlikleri geliştirme konusu, tüm yıllar boyunca düzenli bir şekilde çalışılmış ve özellikle 2018 sonrası yüksek sayılarda ele alınmıştır. Öğretim konusu ise 2017 yılından itibaren artan bir ilgi göstermiş ve 2023 yılında en yüksek sayıya (6 tez) ulaşmıştır. Öğretici eğitimi ise 2019'da hiç tez yapılmazken, diğer yıllarda ortalama 2-4 tez arasında kalmıştır. Bu alan toplamda 20 tez ile önemli bir yer tutmaktadır.
7. Teknoloji destekli matematiksel modelleme, toplamda 21 tezle öne çıkmaktadır. Büyük veri analizi konusu, 2017 yılından itibaren artış göstermiş ve özellikle son yıllarda (2021-2023) her yıl 3 tez ile katkıda bulunarak toplamda 18 tez üretmiştir. Matematik öğretim aracı olarak matematiksel modelleme, 2017 yılından itibaren ilgi görmüş ve son üç yıl boyunca her yıl 3 tezle sabit bir ilgiye konu olmuştur; toplamda 19 tez üretilmiştir. Matematiksel modelleme kullanım şekli ise özellikle 2019-2022 yılları arasında yüksek ilgi görmüş ve toplamda 27

teze ulaşmıştır. Kavram analizi diğer konulara kıyasla daha az incelenmiş olup, yalnızca belirli yıllarda birkaç çalışma ile ele alınmıştır.

8. Sonuçlara göre; öğrenme alanlarının dağılımında "Sayılar ve İşlemler" konusunun en fazla çalışılan alan olduğu ve bu alanda toplamda 58 tez üretildiği görülmüştür. Bunu, 34 tezle "Cebir" izlemekte olup, diğer alanlar daha az ilgi görmüştür. "Geometri ve Ölçme" alanında 16 tez, "Olasılık" alanında 11 tez ve "Veri İşleme" alanında ise 10 tez kaydedilmiştir.
9. 2013-2023 yılları arasında öğrenme alanlarında en çok incelenen konu, her yıl düzenli olarak çalışılan "Sayılar ve İşlemler" olup, özellikle 2023 yılında bu alanda 11 tez gerçekleştirilmiştir. "Cebir" 34 tezle ikinci sırada yer almakta ve 2019 ile 2023 yıllarında yüksek tez sayısına ulaşmıştır. "Geometri ve Ölçme" alanında 16 tez üretilmiş, bu konu 2014 ve 2022 yıllarında daha fazla çalışılmıştır. "Veri İşleme" alanı ise toplamda 10 tez ile daha az incelenmiş ve 2018 sonrası ilgi azalmıştır. "Olasılık" alanı da 11 tezle sınırlı kalmış, özellikle 2016 ve 2022 yıllarında daha fazla ilgi görmüştür.
10. *Araştırma yöntemlerinin yıllara göre dağılım ve değişimi:* Araştırma sonuçlarına göre, tezlerde en yaygın yöntem %61,42 oranıyla 121 tezle nitel araştırmadır ve toplamda 118 tezde kullanılmıştır. Nitel araştırma, 2019'da 19 tezle en fazla tercih edilirken, 2022'de bu sayı 21'e çıkmıştır. En az kullanıldığı yıllar ise 2013 ve 2015'tir; bu yıllarda yalnızca 7 tezde uygulanmıştır. Karma yöntem %24,87 oranıyla 49 tezde yer alırken, 2019'da 11 tezle en yüksek seviyeye ulaşmış, 2020-2021'de ise azalmıştır. Nicel araştırma, %13,71 oranıyla en az tercih edilen yöntemdir; 2015'te hiç kullanılmazken, 2022 ve 2023'te sırasıyla 5 ve 3 tezde yer almıştır.
11. Araştırma modellerinin dağılımında ise %59,39 ile durum çalışması en yaygın modeldir ve 117 tezde kullanılmıştır. Bu model, 2019 ve 2022'de sırasıyla 20 ve 21 tezle en yüksek kullanım seviyelerine ulaşmıştır. Deneysel çalışma %16,24 oranıyla ikinci sıradadır; öğretim deneyi ve eylem araştırması %6,60 oranıyla 13'er tezde yer almıştır. Tarama modeli toplamda 11 tezle sınırlı bir kullanım göstermekte, diğer modeller (meta-analiz, doküman analizi, tasarım temelli model) ise nadiren kullanılmaktadır.

12. *Örneklem türlerinin yıllara göre dağılım ve değişimler incelendiğinde* en yaygın örneklem türü, %58,57 ile öğrenciler olup, toplamda 123 tezde yer almaktadır. Öğretmen adayı örnekleme oranıyla ikinci sırada, öğretmenler ise %14,29 oranıyla 30 tezde yer almıştır. Diğer örneklem türleri daha düşük oranlarda kullanılmıştır; araştırma örnekleme oranı %4,29, MME oranı %1,90 ve veli örnekleme oranı %0,95 oranında tercih edilmiştir.
13. *Yıllara göre dağılım incelendiğinde*, öğrenci örnekleme oranı 2019'da 20 tezle en fazla kullanılmıştır. Öğretmen adayları, 2017'de 5 tezle başlayarak 2019'da 7 teze ulaşmıştır. Öğretmen örnekleme oranı ise toplamda 30 tezde yer almış ve özellikle 2019'da 7 tezle öne çıkmıştır. Araştırma örnekleme oranı toplamda 9 tezde kullanılmışken, MME örnekleme oranı yalnızca 4 tezde yer almış, veli örnekleme oranı ise nadiren tercih edilmiştir ve sadece 2 tezde gözlemlenmiştir.
14. *Tezlerin öğretim kademelerine göre dağılımı incelendiğinde*, %46,19 ile ortaokul kademesi 91 tezle en yüksek orana sahiptir. Lise düzeyinde 50 tez (%25,38), üniversite kademesinde ise 21 tez (%10,66) bulunmaktadır. İlkokul düzeyinde 10 tez (%5,07) yapılmışken, birden fazla kademeyi kapsayan tezler 25 (%12,69) olarak kaydedilmiştir.
15. *Örneklem büyüklüklerine göre* en yaygın aralık 21-30 olup %24,87'lik bir oranla öne çıkmaktadır; çoğu tez 30'a kadar olan örneklem büyüklüklerine odaklanmıştır. 51-60 aralığında bir artış gözlemlenirken, 201 ve üzeri örneklem oranları en düşük oranda (%4,06) temsil edilmektedir.
16. *Araştırma sonuçları, tezlerde en sık kullanılan veri toplama aracının* %37,39 ile görüşme formu olduğunu göstermektedir. Bunu %16,72 ile ses ve video kayıtları, %16,41 ile gözlem formları takip etmektedir. Diğer araçlar arasında Likert tipi ölçek (%7,60), yazılı dokümanlar (%5,78) ve akademik başarı testi (%5,47) gibi nitel veri toplama araçları daha az tercih edilmiştir.
17. *Standart veri toplama araçları arasında*, Koyuncu ve arkadaşları (2016) tarafından geliştirilen Matematiksel Modelleme Özyeterlik Ölçeği en yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, Stohlmann ve Yang (2021), Demir ve arkadaşları (2023), Özgen ve Bindak (2018) ile Lesh ve Doerr (2003) tarafından geliştirilen ölçekler de sıklıkla yer almaktadır.

18. *Nitel analiz yöntemleri* arasında en yaygın olanı %32,69 ile içerik analizi (n=102) iken, betimsel analiz %21,79 (n=68) ile ikinci sıradadır. Tematik analiz ise %1,92 (n=6) oranında kullanılmıştır. Diğer nitel analiz teknikleri, gömülü teori, söylem analizi, meta-sentez ve doküman analizi gibi yöntemler düşük oranlarla tercih edilmiştir.
19. *Nicel analiz yöntemlerinde* ise bağımlı örneklem t-testi %7,37 (n=23) ile en sık kullanılan yöntemdir; bağımsız örneklem t-testi %6,09 (n=19) ile onu takip etmektedir. ANOVA ve Mann Whitney U testi %4,49 (n=14) oranında eşit olarak kullanılmıştır. Diğer teknikler arasında Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi (%3,85, n=12), ANCOVA (%3,21, n=10) ve korelasyon testleri yer almaktadır.
20. *Tezlerde Teknoloji Kullanımı:* Araştırma sonuçlarına göre yurt içinde yüksek lisans tezlerinde teknoloji kullanımı 7, doktora tezlerinde ise 4 olarak belirlenmiştir. Yurt dışında ise yüksek lisans tezlerinde teknoloji kullanımı 4, doktora tezlerinde 12 olarak gözlemlenmiştir. Sonuçlar yurt dışındaki doktora tezlerinde teknoloji kullanımının daha yaygın olduğunu göstermektedir.
21. Tezlerde en yaygın kullanılan teknolojik araçlar arasında %14,81 oranıyla GeoGebra ve video tabanlı teknolojilerdir. Bilgisayar destekli teknolojilere tezlerde yer verilmişken, Microsoft Teams, LoggerPro 3, Scratch, TI-Nspire, Desmos, TinkerPlots, Web 2.0 araçları ve robotik gibi araçlar ise daha düşük oranlarda kullanılmıştır.
22. *Tezlerin Sonuçlarına Yönelik:* Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrenme çıktıları üzerindeki olumlu etkilerine bakıldığında; öğrencilerin başarı düzeylerinin arttığı, üstbilişsel becerilerinin geliştiği ve bilginin kalıcılığının sağlandığı görülmüştür. Öğrencilerin farklı problem çözme stratejileri geliştirdikleri vurgulanmaktadır. Ayrıca öğrencilerin derse yoğun katılım gösterdikleri, iş birliği içinde çalıştıkları ve sosyal iletişim becerilerinin güçlendiği belirtilmiştir. Motivasyon açısından, öğrencilerin matematik öğrenmeye olan ilgilerinin arttığı ve derslere daha istekli katıldıkları ifade edilmektedir. Tutum olarak ise, matematiksel modelleme yöntemlerinin öğrencilerin matematiğe yönelik olumlu tutum geliştirmelerine katkı sağladığı ortaya konulmuştur. Öğrencilerin eleştirel düşünme ve soyutlama becerilerinde olumlu gelişmeler ortaya çıkmıştır. Finansal okuryazarlık alanında da gelişim

kaydedildiği ve öğrencilerin sosyal çevresel sorunlara karşı farkındalık kazandıkları belirtilmiştir.

23. Matematiksel modelleme etkinliklerinin bazı öğrenme çıktıları üzerinde olumsuz etkileri olduğu görülmektedir. Öğrenciler, cebirsel problemlerle model oluşturma ve sonuçları yorumlama konusunda yetersiz kalmaktadır. Problem çözme sürecinde kavram yanılgıları yaşanmakta ve çözüm doğrulama aşamasında zorluk çekilmektedir. Katılım açısından, teknoloji kullanım eksikliği ve tartışma yetersizlikleri nedeniyle sınırlı katılım gözlemlenmiştir. Motivasyon eksiklikleri, uzun süreli etkinliklerin dikkat ve ilgi düzeyini olumsuz etkilemektedir. Eleştirel düşünme becerilerinde, öğrencilerin sonuçları yorumlamada ve varsayımları sorgulamada güçlük çektiği tespit edilmiştir. Matematik okuryazarlığı alanında, etkinliklerin anlamlı bir etkisi olmadığı ve öğrencilerin üst düzey sorularda başarılı olamadığı ifade edilmiştir.
24. Bir diğer sonuç olarak öğretmenler ve öğretmen adaylarının matematiksel modelleme etkinliklerinde çeşitli zorluklar yaşadıkları söylenebilir. Bilgi eksikliği, katılımcıların matematiksel modelleme konusundaki yetersizliklerinden kaynaklanmakta ve bu durum, problem hazırlama ve uygulama süreçlerinde güçlükler yaşatmaktadır. Modelleme ilkelerine uygunluk sorunu, etkinliklerin gerçeklik ilkesine uygun gerçekleştirilememesiyle ilişkilidir; öğretmen adayları varsayım oluşturma ve elde edilen modelleri test etme aşamalarında zorluk yaşamaktadır. Etkili teknoloji kullanımı konusunda da yetersizlikler gözlemlenmiş; öğretmenler, dijital araçları sınıf içi modelleme süreçlerine entegre etmede zorluk çekmektedir. Ayrıca, rehberlik konusunda yeterli desteği sağlayamamak, öğrencilerin ihtiyaçlarına yönelik yönlendirme yapmada zorluklar ortaya çıkarmaktadır.
25. Tezlerin sonuçlarına göre; sonuçları yorumlama zorluğu, öğrencilerin soyut kavramları somut olaylara uyarlama ve matematiksel sonuçları analiz etme becerilerindeki eksikliklerden kaynaklanmakta; bu durum derse katılımı olumsuz etkilemektedir. Düşük motivasyon, grup çalışmalarında iş birliği eksikliği ve öğrencilerin ilgi alanlarına hitap etmeyen aktiviteler nedeniyle artmakta, bu da problem çözme sürecindeki zorluklarla birleşince öğrencilerin motivasyonunu düşürmektedir. Ayrıca, yeterli katılım sağlanamaması, öğrencilerin zaman

yönetimi sorunları ve grup içi dinamiklerden kaynaklanmaktadır. Eleştirel düşünme eksiklikleri de öğrencilerin problem çözme süreçlerinde alternatif çözümler önermede ve kavramlar arası ilişki kurmada zorluk çekmelerine yol açmaktadır.

26. Öğrencilerin matematiksel modelleme problemlerini günlük yaşamla ilişkilendirmekte zorlandığı, bu durumun disiplinlerarası yaklaşım eksikliğinden kaynaklandığı ve soyut kavramları anlamada yetersizlik yaşadıkları görülmüştür. Öğrenciler, modelleme problemlerinde soyut kavramları kullanmada yetersiz kalırken, öğretmenlerin de günlük yaşamla bağlantı kurma konusunda eksik olduğu gözlemlenmiştir.
27. Disiplinlerarası bağlantıların zayıf olması, öğrencilerin soyut kavramlarla çalışırken daha az matematiksel ilişkilendirme yapmalarına neden olmuştur. Aktif katılım eksikliği, grup çalışmalarındaki fikir uyuşmazlıkları ve bilgi eksiklikleri nedeniyle düşmüştür. Ayrıca, öğrenci yaşantısına uygun olmayan etkinlikler, ilgiyi azaltarak öğrenme süreçlerini olumsuz etkilemiştir.
28. *Tez Önerilerine Yönelik:* Öğretmenlerin çoklu modelleme etkinliklerini öğretim sürecine entegre etmeleri gerektiği vurgulanmaktadır. Küçük grup tartışmaları ve otantik günlük yaşam durumları ile modelleme etkinlikleri teşvik edilmelidir. Ayrıca, dersin başlangıcında formül veya tanım yerine anlamlı modellemelerle matematikleştirme sürecine geçilmesi önerilmektedir. Öğrenci etkileşimini artırmak için uygun öğrenme ortamları oluşturulmalı ve mikro öğretim yoluyla uygulamalar geliştirilmelidir. Aktif öğrenci katılımını sağlamak amacıyla, öğrencilerin veri toplama ve ölçüm yapmaları teşvik edilmeli, küçük grup çalışmaları sonrasında büyük sınıf tartışmaları önerilmelidir. Modelleme etkinlikleri, öğrencilerin ihtiyaçlarına ve zorlandıkları konulara göre hazırlanmalıdır. Teknoloji destekli öğretim ve gerçek yaşam problemlerine dayalı yöntemlerin kullanılması önerilirken, öğretmenlerin mesleki gelişimi için hizmet içi eğitimlere katılmaları teşvik edilmektedir. Ayrıca, çeşitli öğrenme ortamlarının kullanımı (okul bahçesi, bilim merkezleri, parklar gibi) önem arz etmekte ve öğretmenlerin matematiksel modelleme konusundaki farkındalıklarının artırılması gerektiği belirtilmektedir.

29. Araştırmacılara matematiksel modelleme kriterlerinin geliştirilmesi ve seviye bazlı etkinlikler içeren kitapların hazırlanması önerilmektedir. Ayrıca, problem çözme stratejileri kitaplarında model oluşturma etkinliklerine yer verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Etkinliklerin artırılması ve özellikle olasılık öğrenme alanında daha fazla model oluşturma etkinliği geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Öğrencilerin matematiksel ilişkilendirme ve öz yeterlik inançlarını güçlendirmek için öğretim etkinliklerinin sayısı artırılmalıdır. MME'lerinin akademik başarı üzerindeki etkilerini araştırmak için LGS, PISA ve TIMMS gibi sınavlarla ilişkili çalışmalar yapılması önerilmektedir. Uzun süreli deneysel çalışmaların gerekliliği vurgulanırken, küçük yaş gruplarından başlayarak yapılan araştırmaların etkilerinin incelenmesi gerektiği ifade edilmektedir. Farklı paydaşlarla (özellikle öğretmen ve öğretmen adayları) yürütülecek çalışmaların yanı sıra, ilkökul ve ortaokul seviyesindeki çocukların erken yaşlardan itibaren modelleme deneyimlerinden faydalanmaları önem arz etmektedir. Ayrıca, teknoloji entegreli MME çalışmaları, Geogebra ve Web 2.0 araçları gibi araçların kullanılması önerilmektedir. Dikey araştırmalar ile farklı sınıf seviyelerinde öğrencilerin modelleme yeterliliklerinin karşılaştırılması da vurgulanmaktadır.
30. Eğitimde politika yapıcılarına yönelik; hizmet içi eğitim programlarının güçlendirilmesi, matematik öğretmenlerine özel eğitimlerin düzenlenmesi ve teknolojinin kullanımının teşvik edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, üniversitelerde matematiksel modelleme derslerinin artırılması, yeni değerlendirme yöntemleri geliştirilmesi ve sınıf seviyelerine uygun çalışma kitaplarının hazırlanması önerilmektedir. Modelleme etkinliklerinin okul öncesinden lise sonuna kadar kesintisiz uygulanması ve ders saatlerine eklenmesi, eğitimde MME'lerinin yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacaktır.

5.2. Öneriler

Araştırma sonuçlarına göre ilgili paydaşlara öneriler sunulmuştur.

Araştırmacılara Yönelik Öneriler;

1. Matematik eğitiminde matematiksel modelleme tezlerinin artış eğilimi devam ettiğinden, YÖK Tez ve ProQuest veri tabanlarındaki güncel tez sayılarının düzenli olarak takip edilmesi önerilmektedir.
2. Türkiye'de yüksek lisans tezleri ile birlikte doktora tezlerinde matematik eğitiminde matematiksel modellemeye yönelik daha fazla çalışma yapılması teşvik edilmelidir.
3. Matematik eğitiminde matematiksel modelleme tezlerinin yapıldığı üniversitelerde, özellikle Atatürk Üniversitesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Gazi Üniversitesi ve ODTÜ gibi öncü üniversitelerdeki çalışmaların devam ettirilmesi, doktora öğrencileri ve araştırmacıların bu üniversitelerdeki birikimden faydalanmaları önerilmektedir.
4. Genç araştırmacılar için bu alanda öne çıkan ve danışmanlık tecrübesi olan akademisyenlerin deneyimlerinden yararlanılması önerilebilir.
5. ABD'de öne çıkan üniversiteler ve danışmanlar ile iş birliği olanakları araştırılabilir.
6. Matematiksel modelleme konularında, özellikle son yıllarda yüksek ilgi gören modelleme etkinlikleri geliştirme, öğretim, teknoloji destekli modelleme ve büyük veri analizi gibi konularda daha fazla çalışma yapılması önerilebilir.
7. Öğrenme alanlarında "Sayılar ve İşlemler" ile "Cebir" alanlarına yoğunlaşılması, diğer alanlardaki çalışmaların da desteklenmesi gerekmektedir.
8. Araştırma yöntemlerinde nitel araştırmanın ve durum çalışması modelinin baskın olması nedeniyle, nicel ve karma yöntemlerin de kullanımının artırılması önerilebilir.
9. Örneklem türlerinde öğrencilerin yoğunlukta olması nedeniyle, öğretmen ve öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalara da yoğunlaşılması önerilebilir.
10. Veri toplama araçlarında görüşme formlarının yaygın kullanımına ek olarak, ölçek geliştirme ve standart ölçeklerin kullanımının artırılması önerilebilir.
11. Teknoloji kullanımında, özellikle doktora tezlerinde daha fazla teknolojik araç ve yazılım kullanımının teşvik edilmesi önerilebilir.

Öğretmenlere Yönelik Öneriler

1. Gerçeklik ilkesine uygun problemler hazırlamalıdır.
2. Farklı modelleme tekniklerini ve yöntemlerini öğretim sürecine entegre etmeleri önerilebilir.
3. Öğrencileri küçük gruplara ayırarak tartışmalar ve problem çözme etkinlikleri düzenlemeleri önerilebilir.
4. Matematiksel kavramları günlük yaşam örnekleriyle ilişkilendirmeleri gerekmektedir.
5. Dijital araçlar ve yazılımlar kullanarak modelleme süreçlerini zenginleştirmeleri önerilebilir.
6. Öğrencilerin varsayımları sorgulamasını ve sonuçları yorumlamasını teşvik etmeleri önerilebilir.
7. Problem çözme sürecinde adım adım rehberlik etmeleri önerilebilir.
8. Etkinlikleri öğrencilerin ilgi alanlarına göre tasarlamaları ve motivasyonu artırmaları gerekmektedir.
9. Matematik eğitiminde matematiksel modellemeyi diğer derslerle entegre ederek disiplinler arası bağlantılar kurulabilir.
10. Öğretmenler öğrencilerin veri toplama ve ölçüm yapmalarını teşvik etmelidir.
11. Etkinlikleri öğrencilerin ihtiyaçlarına ve zorlandıkları konulara göre uyarlamaları önerilebilir.
12. Modelleme etkinliklerinde gerçek yaşam problemlerini kullanmaları önerilebilir.
13. Matematik eğitiminde matematiksel modellemenin önemi ve yararları hakkında öğrencilerin ve velilerin farkındalığını artırmak için bilgilendirici toplantılar veya seminerler düzenlemeleri önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Akgün, A. İ. 2020. COVID-19 sürecinde acil durum uzaktan eğitimi yoluyla verilen muhasebe eğitimine yönelik öğrenci görüşleri, *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 6(4), 208-236.
- 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*, (9), 258-283.
- Albayrak, E. 2017. Türkiye’de Matematik Eğitimi Alanında Yayınlanan Matematiksel Model ve Modelleme Araştırmalarının Betimsel İçerik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum*, 23-25.
- Anonim, 2005. *İlköğretim matematik dersi 1-5. sınıflar öğretim programı*, Ankara.
- Anonim, 2018. İlköğretim matematik dersi öğretim programı (1-8. Sınıflar). *Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları*. Ankara.
- Anonim, 2020. TIMSS 2019 Türkiye ön raporu. Eğitim Analiz ve Değerlendirme Raporları Serisi No:15, Erişim Adresi: https://odsgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2020_12/10175514_TIMSS_2019_Turkiye_On_Raporu_.pdf. [Ziyaret Tarihi: 06 Mart 2024].
- Anonim, 2024. Ulusal Tez Merkezi, <https://tez.yok.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 20 Ocak 2002].
- Anonymous, 2018. *PISA 2021 mathematics framework (draft)*, OECD Publishing, <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa-2021-mathematics-framework-draft.pdf>. [Ziyaret Tarihi: 06 Mart 2024].
- Anonymous, 2024. *ProQuest Dissertations ve Theses Global: The world's most comprehensive collection of dissertations and theses*. Retrieved from <https://about.proquest.com> [Ziyaret Tarihi: 06 Mart 2024].
- Arbain, N. and Shukor, N. A. 2015. The effects of GeoGebra on students achievement, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 172, 208-214.
- Arseven, A. 2016. Öz yeterlilik: Bir kavram analizi, *Electronic Turkish Studies*, 11(19), 63-80.
- Ay, Y., Karadağ, E., Acat, M. B. 2015. The technological pedagogical content knowledge-practical (TPACK-Practical) model: Examination of its validity in the Turkish culture via structural equation modeling, *Computers ve Education*, 88, 97-108.
- Aziz, A. T. 2024. Matematik Eğitiminde Matematiksel Modelleme Araştırmalarının Betimsel İçerik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum*, 108-123.
- Aztekin, S. ve Şener, Z. T. 2015. Türkiye’de matematik eğitimi alanındaki matematiksel modelleme araştırmalarının içerik analizi: Bir meta-sentez çalışması, *Eğitim ve Bilim*, 40 (178), 139-161.
- Baki, A. 2006. Kuramdan uygulamaya matematik eğitimi, *Derya Kitabevi, Trabzon*, 323-346.

- Balcı, A. 2013. Doktora programı: Türk üniversiteleri doktora programları için bazı öneriler, *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 1-20.
- Bandura, A. 1997. Self-efficacy: The exercise of control, *W.H. Freeman*, 102.
- Barnett, J. V., Harris, R. A., Mulvany, M. J. 2017. A comparison of best practices for doctoral training in Europe and North America, *FEBS Open Bio*, 7(10), 1444-1452.
- Berry, J. and Houston, K. 1995. Mathematical modeling, *J. W. Arrowsmith Ltd.* Bristol, United Kingdom, 152-156.
- Berry, J. and Davies, A. 1996. Written Reports. In C.R. Haines and S. Dunthorne (eds) *Mathematics Learning and assessment: Sharing Innovative Practices*, *Arnold* London, 3-11.
- Bilgin, İ., Tatar, E., Ay, Y. 2012. Sınıf öğretmeni adaylarının teknolojiye karşı tutumlarının teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPAB)'ne katkısının incelenmesi, *X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi Bildiriler Kitabı*, Niğde, 1-10.
- Blum, W. and Leiß, D., 2007. How do students' and teachers deal with modelling problems, C. Haines, P. Galbraith, W. Blum ve S. Khan (Ed.), *Mathematical Modelling: Education, Engineering And Economics*, *Horwood Publishing*, Chichester, 222-231.
- Blum, W. and Ferri, R. B., 2009. Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?, *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45-58.
- Borromeo Ferri, R., 2006. Theoretical and Empirical Differentiations of Phases in the Modelling Process, G. Kaiser, B. Sriraman ve M. Blomhoij (Ed.), *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 86-95.
- Bukova Güzel, E., Tekin Dede, A., Hıdıroğlu, Ç. N., Kula Ünver, S., Özaltun Çelik, A., 2024. Matematik Eğitiminde Matematiksel Modelleme (E. Bukova Güzel, Ed., 5. baskı), *Pegem Akademi Yayıncılık*, Ankara, 102-142.
- Carlson, M. A., Wickstrom, M. H., Burroughs, E., Fulton, E., 2016. A case for mathematical modeling in the elementary classroom, Christian Hirsch (Ed.), *Annual Perspectives in Mathematics Education: Mathematical Modeling and Modeling Mathematics*, Annual Perspectives in Mathematics Education, Reston, VA.
- Carreira, S. and Baioa, A. M., 2011. Students' modelling routes in the context of object manipulation and experimentation in mathematics, G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri ve G. Stillman (Ed.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling: ICTMA 14*, *Springer*, Netherlands, 211-220.
- Cevikbas, M., Kaiser, G., Schukajlow, S., 2022. 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.
- Chamberlin, S. A. and Moon, S., 2005. Model-eliciting activities: An introduction to gifted education, *Journal of Secondary Gifted Education*, 17(1), 37-47.

- Cheng, A. K., 2001. Teaching mathematical modelling in Singapore schools, *The Mathematics Educator*, 6(1), 63-75.
- Cirillo, M., Pelesko, J., Felton-Koestler, M. D., Rubel, L. 2016. Perspectives on modeling in school mathematics. In C. R. Hirsch ve A. R. McDuffie (Eds.), *Annual Perspectives in Mathematics Education 2016: Mathematical Modeling and Modeling Mathematics* (pp. 3-16), National Council of Teachers of Mathematics.
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. 2017. Critical educational research, In *Research methods in education*, Routledge, 51-67.
- Çarıkçı, E. ve Uluğ, F. 2024. Türkiye’deki İstihdam Edilebilirlik Konusunda Yapılan Lisansüstü Tezlerin Analizi, *Eğitim ve Toplum Araştırmaları Dergisi*, 11(1), 75-99.
- Çavuş-Erdem, Z. 2018. Modelleme etkinliklerine dayalı öğrenim sürecinin alan ölçme konusu bağlamında incelenmesi, Doktora Tezi, *Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Adıyaman, 19-28.
- Demir, B., Ekici, H. B., Balı, S. Z., Uysal, Ş. 2023. Matematik Okuryazarlığına Yeni Bir Bakış: Tekno-Matematiksel Okuryazarlık. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Ereğli Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1-13.
- Demirbilek, M. 2022. Ortaöğretime Geçişte Alternatif Modeller, *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (53), 133-149.
- Doerr, H. M. and English, L. D. 2006. Middle grade teachers’ learning through students’ engagement with modeling tasks, *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9(1), 5-32.
- Doğan, N. ve Barış, F. 2010. Tutum, değer ve özyeterlik değişkenlerinin TIMSS-1999 ve TIMSS-2007 sınavlarında öğrencilerin matematik başarılarını yordama düzeyleri, *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 1(1), 44-50.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., Lim, W. M. 2021. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines, *Journal of business research*, 133, 285-296.
- Dost, Ş. 2019. Matematik eğitiminde modelleme etkinlikleri (1. Baskı), *Pegem Akademi*, Ankara, 28-56.
- EBYU, 2024. <https://avesis.ebyu.edu.tr/mbekdemir/egitim> [Ziyaret Tarihi: 17 Temmuz 2024].
- Elsevier, 2023. *Mendeley reference manager*, Retrieved from <https://www.mendeley.com> [Ziyaret Tarihi: 20 Ocak 2024].
- English, L. D. 2006. Mathematical modelling in the primary school: Children’s construction of a consumer guide, *Educational Studies in Mathematics*, 63, 303-323.
- Erbaş A., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. Baş, S. 2014. Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1-21.

- Erdem, Z. Ç., Doğan, M. F., Gürbüz, R., Şahin, S. 2017. The reflections of mathematical modeling in teaching tools: Textbook analysis, *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 7(1), 61-86.
- Eric, C. C. M. 2008. Using model-eliciting activities for primary mathematics classrooms, *The Mathematics Educator*, 11(1/2), 47-66.
- Eryiğit, E. 2022. Türkiye'de ilköğretim matematik alanında matematiksel modelleme ile ilgili yapılan lisansüstü tezlerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 25-68
- Fox, J. 2006. A justification for mathematical modelling experiences in the preparatory classroom. P. Grootenboer, R. Zevenbergen ve M. Chinnappan (Ed.), *Proceedings 29th annual conference of the mathematics education research group of Australasia*, ePrints QUT, 221-228
- Frejd, P. 2012. Modelling assessment of mathematical modelling – A literature review. In *MADIF-8: Evaluation and Comparison of Mathematical Achievement*, 24-25 January 2012, Umeå, Sweden Svensk förening för Matematik Didaktisk Forskning-SMDF, 81-90.
- Galbraith, P., Stillman, G., Brown, J., Edwards, I. 2007. A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process, *ZDM*, 39, 143–162.
- 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.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., Elmer, R. 2000. Positioning models in science education and design and technology education. In J. K. Gilbert ve C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*. Dordrecht, *Kluwer Academic Publishers*, Netherlands.
- Gilbert, J. and Boulter, C. 1998. Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal Science Education*, 20(1), 83-97.
- Goos, M. 2002. Understanding metacognitive failure, *The Journal of Mathematical Behavior*, 21(3), 283-302.
- Gopal, V., 2020. Digital education transformation: A pedagogical revolution, *I-Manager's Journal of Educational Technology*, 17(2), 66.
- Gutiérrez, J. A. and Gallegos, R. R. 2019. Mathematical modeling in the educational field: a systematic literature review. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, pp. 718-725.
- Güneş, B., Gülçiçek, Ç., Bağcı, N. 2003. Fen bilimlerinde kullanılan modellerle ilgili öğretmen mülakatlarının tespit edilmesi, *XII. Eğitim Bilimleri Kongresi*, 2023-2036, Antalya.
- Haines, C. and Crouch, R. 2007. Mathematical modeling and applications: Ability and competence frameworks. In W. Blum, P. L. Galbraith, H. Henn, ve M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study*, *Springer*, New York, 417-424.

- Harrison, A. G. and Treagust, D. F. 1996. Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry, *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, G. A. 2001. How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in Science Education*, 3(31), 401-435.
- Hart, L. C., Smith, S. Z., Swars, S. L., Smith, M. E. 2009. An examination of research methods in mathematics education: 1995-2005, *Journal of Mixed Methods Research*, 3(1), 26-41.
- Hıdıroğlu, A. G. Ç. ve Güzel, E. B., 2013. Matematiksel modelleme sürecini açıklayan farklı yaklaşımlar, *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 2(1), 127-145.
- Hıdıroğlu, Ç. N. 2012. Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinin analiz edilmesi: yaklaşım ve düşünme süreçleri üzerine bir çalışma, Yüksek lisans tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 36-49.
- Hıdıroğlu, Ç. N. ve Güzel, E. B. 2013. Matematiksel modelleme sürecini açıklayan farklı yaklaşımlar, *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 2(1), 127-145.
- Hidayat, R., Adnan, M., Abdullah, M. F. N. L. 2022. A systematic literature review of measurement of mathematical modeling in mathematics education context, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(5), em2108.
- Hohenwarter, M. and Preiner, J. 2007. Dynamic mathematics with GeoGebra, *Journal of Online Mathematics and its Applications*, 7, 1448-1468.
- Jablonka, E. and Bergsten, C. 2010. Equity in mathematics education: Unions and intersections of feminist and social justice literature, *ZDM*, 42, 539-554.
- Justi, S. R. and Gilbert, K. J. 2002. Modelling teachers' views on the nature of modelling and implications for the education of modellers, *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Kaiser, G. and Schwarz, B. 2006. Mathematical modelling as a bridge between school and university, *Zentralblatt Für Didaktik Der Mathematic*, 38(2), 196-208.
- Kaiser, G. and Sriraman, B. 2006. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education, *The International Journal on Mathematics Education*, 38(3), 302-310.
- Kapur, J. N. 1998. Mathematical modeling. New ageinternational, Ltd., Publishers, New Delhi, 210-215.
- Kelly, A. E. and Lesh, R. A. 2000. Trends and shifts in research methods, In A. E. Kelly ve R. A. Lesh (Eds.), Handbook of research design in mathematics and science education, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 35-44.
- Kertil, M. 2008. Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 60-92.

- Keskin, Ö. Ö. 2008. Ortaöğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yapabilme becerilerinin geliştirilmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 46-91.
- Koç, D. 2020. *An investigation on theses and dissertations on mathematical modeling in Turkey in the last two decades*, Master's thesis, *Middle East Technical University*, Ankara, 21-56.
- Koyuncu, I., Guzeller, C. O., Akyuz, D. 2017. The development of a self-efficacy scale for mathematical modeling competencies, *International Journal of Assessment Tools in Education*, 4(1), 19-36.
- Krippendorff, K. 2013. Content analysis: An introduction to its methodology (3rd ed.), *Sage*. CA: Thousand Oaks, 102-125.
- Kumaş, A. 2021. Evaluation of logger pro innovative technology supported applications in the scope of stem, *Problems of Education in the 21st Century*, 79(5), 751-766.
- Labuschagne, A. 2003. Qualitative research: Airy fairy or fundamental, *The qualitative report*, 8(1), 100-103.
- Lesh, R. and Fennewald, T. 2010. *Introduction to part I Modeling: what is it? Why do it?*, In R., Lesh, , P. L. Galbraith, C. R. Haines and A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies (ICTMA 13)*, *Springer*, New York, 5-10.
- Lesh, R. and Doerr, H. M. 2003. Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching, *Routledge*, New York, 125-130.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., Post, T., 2000. Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers, In A. Kelly ve R. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education*, *Lawrence Erlbaum*, 591-646.
- Lesh, R. and Doerr, H. M. 2003. Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching, *Lawrence Erlbaum Associates, Springer*, New York, 125-140.
- Lesh, R. and Zawojewski, J. S. 2007. Problem solving and modeling. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*, *Reston, VA: NCTM*, 763-804.
- Lesh, R. And Caylor, B. 2007. Introduction to the special issue: Modeling as application versus modeling as a way to create mathematics, *International Journal of computers for mathematical Learning*, 12, 173-194.
- Martin, L. and Tapp, D. 2019. Teaching with Teams: An introduction to teaching an undergraduate law module using Microsoft Teams, *Innovative Practice in Higher Education Journal*, 3(3), 58-66.
- Mason, J. 1988. Modelling: What Do We Really Want Pupils to Learn? In D. Pimm (Ed.), *Mathematics, Teachers and Children*, *Hodder ve Stoughton*. London, 201-215.

- Miles, M. B. and Huberman, A. M. 1994. *Qualitative data analysis: An expanded source book*. Sage, New York, 103.
- Niss, M. 1988. Theme Group 3: Problem Solving, Modeling, And Applications. In A. Hirst and K. Hirst (Eds.), *Proceedings of The Sixth International Congress on Mathematical Education Budapest, János Bolyai Mathematical Society*. Hungary, 237-252.
- Özgen, K. ve Bindak, R. 2018. Matematiksel ilişkilendirme öz yeterlik ölçeğinin geliştirilmesi, *Kastamonu Education Journal*, 26(3), 913-924.
- Pollak, H. 2007. Mathematical modelling-A conversation with Henry Pollak. W. Blum, P. L. Galbraith, HW. Henn, ve M. Niss (Ed.), *Modelling and applications in mathematics education. The 14 th ICMI studyseries içinde, Springer*, 109-120.
- Schukajlow, S., Kaiser, G., Stillman, G. 2018. Empirical research on teaching and learning of mathematical modelling: A survey on the current state-of-the-art. *ZDM Mathematics Education*, 50(1), 5-18.
- Seferoğlu, S. S. and Akbıyık, C. 2006. Eleştirel düşünme ve öğretimi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(30), 193-200.
- Sokolowski, A. 2015. The Effects of mathematical modelling on students' achievement-meta-analysis of research, *IAFOR Journal of Education*, 3(1), 93-114.
- Soylu, Y. ve Soylu, C. 2005. İlköğretim beşinci sınıf öğrencilerinin kesirler konusundaki öğrenme güçlükleri: sıralama, toplama, çıkarma, çarpma ve kesirler ile ilgili problemler, *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 101-118.
- Sönmez, M., T. 2016. Yedinci sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme etkinlikleriyle matematikselleştirme süreçlerinin ve finansal okuryazarlıklarının incelenmesi, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Stillman, G. 2019. State of the art on modelling competencies and their assessment, *ZDM*, 51, 979-990.
- Stohlmann, M. and Yang, Y. 2023. Investigating the alignment to mathematical modelling of teacher-created mathematical modelling activities available online, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 54(5), 671-686.
- Uysal, H. G. 2021. Matematiksel Modellemenin Öğrencilerin Başarısına, Ders Tutumuna ve Matematiksel Modelleme Yeterliklerine Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Mersin, 106-119.
- Uysal, H. G. and Kanadlı, S. 2022. The Effect of Teaching Based on Mathematical Modeling on Students' Academic Achievement in Mathematics and Science Education: A Meta-Analysis, *i-manager's Journal of Educational Technology*, 19(2), 7.
- Ünlü, V. 2023. Matematiksel Modelleme İle Öğretimin Matematik Başarısına ve Tutumuna Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması, Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya, 23-49.

- Van Eck, N. J. and Waltman, L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping, *Scientometrics*, 84(2), 523-538.
- Verschaffel, L., Greer, B., De Corte, E. 2002. Everyday knowledge and mathematical modelling of school word problems, In *Modeling students' mathematical modeling competencies*, 257-276.
- Wallen, N. E. and Fraenkel, J. R. 2013. Educational research: A guide to the process, *Routledge*, London, 95.
- Wider, W., Jiang, L., Lin, J., Fauzi, M. A., Li, J., Chan, C. K. 2024. Metaverse chronicles: a bibliometric analysis of its evolving landscape. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(17), 4873-4886.
- Yenilmez, K. ve Yıldız, Ş. 2019. Matematiksel modelleme ile ilgili lisansüstü tezlerin tematik içerik analizi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20, 1-22.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. 2008. Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 56-81.
- Yıldız, H. T. 2006. İlköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 89-95.
- Zawojewski, J. S. 2010. Problem solving versus modelling. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, ve A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies Springer*, New York, 237-244.

EKLER

EK-1 Tez Değerlendirme Formu

Tez Değerlendirme Formu

Çalışma Kodu (Yazar/Yazarların Soyadı, Adının Baş Harfi-Büyük):

Yıl:

Çalışma Başlığı (Yayınlandığı Dil):

Çalışmanın Yayınlandığı Veri Tabanı (YÖK veya ProQuest):

Tez Türü (Yüksek Lisans/Doktora):

Üniversite:

Araştırmanın Yapıldığı Ülke:

Yayın Dili:

Danışman (Unvan):

Danışman (Ad, Soyad):

Anahtar Kelimeler:

Araştırmada Ele Alınan Konu (Öğretici Eğitimi, Öğretim, Modelleme Etkinlikleri Geliştirme vb.):

Araştırmada Ele Alınan Öğrenme Alanı (Sayılar ve İşlemler, Cebir, Geometri ve Ölçme vb.):

Araştırmanın Yöntemi (Nitel/Nicel/Karma):

Araştırmanın Modeli:

Kullanılan Veri Toplama Aracı:

Kullanılan Veri Toplama Aracı Türü (Nitel-Görüşme, Gözlem, Doküman İnceleme, Nicel-Anket, Başarı Testi, Envanter, Diğer):

Veri Analiz Türü:

Veri Analiz Yöntemi:

Örneklem Sayısı:

Örneklem Türü (Öğrenci, Öğretmen, Öğretmen Adayı, Yönetici vb.):

Örneklem Grubu Öğretim Kademesi (Okul Öncesi/İlkokul/Ortaokul/Lise):

Örneklem Grubu Sınıf Bilgisi:

Kullanılan Teknoloji Türü:

Sonuçlar:

Öneriler:

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Semra ERTEKİN

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Siirt Atatürk Anadolu Lisesi/Merkez/Siirt	2006
Üniversite	: Siirt Üniversitesi İlköğretim Matematik	2010
Yüksek Lisans	: Siirt Üniversitesi	2025
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010	Cumhuriyet İlköğretim Okulu	Öğretmen
2012	Kazım Karabekir Ortaokulu	Öğretmen
2014	Molla Halil İmam Hatip Ortaokulu	Müdür Yrd
2023	Siirt Halk Eğitimi Merkezi Müdürlüğü	Müdür Yrd

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR