



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Matematik Eğitimi Bilim Dalı

Doktora Tezi

**MATEMATİKSEL MODELLEME İLE ÖĞRETİMİN MATEMATİK BAŞARISINA
VE TUTUMUNA ETKİSİ: BİR META-ANALİZ ÇALIŞMASI**

Veli ÜNLÜ

ORCID: 0000-0001-6055-1187

Danışman

Prof. Dr. Erhan ERTEKİN

ORCID: 0000-0002-6466-8996

Konya – 2023

ÖN SÖZ

Matematik eğitiminde matematiksel modelleme ve meta-analiz ile ilgili çalışmaların sayısı artarak devam etmektedir. İlerleyen yıllarda bu sayının artacağından hiç şüphe yoktur. Bu araştırma matematiksel modelleme ile meta-analizi buluşturmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçların yapılacak çalışmalara kaynak olacağı düşünülmektedir.

Araştırmam boyunca katkılarından dolayı Prof. Dr. Bülent DİLMAÇ, Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ÇETİN ve Dr. Öğr. Üyesi Tolga SEKİ hocalarıma teşekkür ederim. Doktora eğitim süresince yardımını hiç esirgemeyen, yol gösteren ve her zaman öğrencisi olmaktan mutluluk duyduğum saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Erhan ERTEKİN hocama çok teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan eşime ve çocuklarıma sonsuz teşekkür ederim.

Veli ÜNLÜ
Temmuz 2023

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU	v
BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Araştırmanın Amacı	6
1.3. Araştırmanın Önemi	7
1.4. Sayıtlar	9
1.5. Sınırlılıklar.....	9
1.6. Tanımlar	10
2. ALAN YAZIN	11
2.1. Model ve Modelleme.....	11
2.2. Matematiksel Model ve Matematiksel Modelleme	11
2.3. Matematiksel Modelleme Yaklaşımları	13
2.4. Matematiksel Modelleme Süreci.....	16
2.5. Matematiksel Modelleme Yeterlikleri.....	26
2.6. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri	29
2.7. İlgili Araştırmalar	31
3. YÖNTEM	39
3.1. Araştırmanın Modeli	39
3.2. Verilerin Toplanması.....	40
3.2.1. Taramada kullanılan anahtar sözcükler	40
3.2.2. Tarama yapılan kaynaklar	41
3.2.3. Dâhil edilme kriterleri	41
3.2.4. Hariç tutma kriterleri	41
3.2.5. Kodlama süreci ve güvenilirlik.....	42
3.2.6. Tarama süreci	44
3.2.7. Çalışma moderatörleri	48
3.2.8. Meta-analize dâhil edilen çalışmaların betimsel istatistikleri	51
3.3. Verilerin Analizi.....	59
3.3.1. Etki büyüklüğü	59
3.3.2. Yayın yanlılığı.....	62

3.3.3. Heterojenlik testi	64
4. BULGULAR	66
4.1. Matematiksel Modelleme ile Öğretimin Matematik Başarısına Etkisini İnceleyen Çalışmaların Meta-Analiz Bulguları	66
4.1.1. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı bulguları	66
4.1.2. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklüğü bulguları	69
4.1.3. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların heterojenlik testi ve ortalama etki büyüklüğü bulguları	72
4.1.4. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların moderatör analiz bulguları	74
4.2. Matematiksel Modelleme ile Öğretimin Matematik Tutumuna Etkisini İnceleyen Çalışmaların Meta-Analiz Bulguları	91
4.2.1. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı bulguları	91
4.2.2. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklüğü bulguları	94
4.2.3. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların heterojenlik testi ve ortalama etki büyüklüğü bulguları	96
4.2.4. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların moderatör analiz bulguları	97
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	115
5.1. Tartışma.....	115
5.1.1. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi ile ilgili tartışma	115
5.1.2. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi ile ilgili tartışma	121
5.2. Sonuçlar.....	125
5.2.1. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi ile ilgili sonuçlar	125
5.2.2. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi ile ilgili sonuçlar	126
5.3. Öneriler.....	128
KAYNAKLAR.....	131
EK-1.....	145
EK-2.....	152
EK-3.....	155

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Matematiksel Modelleme ile Öğretimin Matematik Başarısına ve Tutumuna Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması başlıklı tez çalışmamın toplam **166** sayfalık kısmına ilişkin, 4/07/2023 tarihinde tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%23** olarak belirlenmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Tez çalışması orijinallik raporu sayfası hariç
2. Bilimsel etik beyannamesi sayfası hariç
3. Önsöz hariç
4. İçindekiler hariç
5. Simgeler ve kısaltmalar hariç
6. Kaynaklar hariç
7. Alıntılar dâhil
8. 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve tez çalışmamın, bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranının (%30) altında olduğunu ve intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

4/07/2023

Veli ÜNLÜ

Prof. Dr. Erhan ERTEKİN

BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ

Bu tezin tamamının kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar tüm aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez hazırlama kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını ve bu kaynakların kaynaklar listesine eklendiğini beyan ederim.

4/07/2023

Veli ÜNLÜ

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

d: Cohen d değeri

Δ : Glass delta değeri

\overline{EB} : Ortalama etki büyüklüğü değeri

f: Frekans

g: Hedges g değeri

I^2 : Heterojenlik testi yüzde değeri

k: Çalışma sayısı

χ^2 : Ki-kare değeri

n: Örneklem büyüklüğü

p: Anlamlılık değeri

Q: Heterojenlik testi değeri

Q_B : Gruplar arası heterojenlik testi değeri

S: Standart sapma

S_B : Birleştirilmiş standart sapma

sd: Serbestlik derecesi

t: t-testi değeri

w: Ağırlıklandırma katsayısı

\bar{X} : Aritmetik ortalama

z: z-testi değeri

Kısaltmalar

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ABİDE: Akademik Becerilerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi

ACARA: Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority

AHCI: Arts and Humanities Citation Index

ANOVA: Analysis of Variance

CCSSI: Common Core State Standards Initiative

CI: Confidence Interval

CMA: Comprehensive Meta-Analysis

ERIC: Education Resources Information Center

ESCI: Emerging Sources Citation Index

FSN: Fail-safe N

KKTC: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti

KMK: Kultusministerkonferenz

LGS: Liselere Giriş Sınavı

MEB: Millî Eğitim Bakanlığı

NCTM: National Council of Teachers Mathematics

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

PISA: Programme for International Student Assessment

SCI-E: Science Citation Index Expanded

SE: Standard Error

SSCI: Social Science Citation Index

STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics

TDK: Türk Dil Kurumu

TIMMS: Trends in International Mathematics and Science Study

TTKB: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı

TYÇ: Türkiye Yeterlilikler Çerçevesi

WOS: Web of Science

YÖK: Yüksek Öğretim Kurumu



ÖZET

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Matematik Eğitimi Bilim Dalı
Doktora Tezi

MATEMATİKSEL MODELLEME İLE ÖĞRETİMİN MATEMATİK BAŞARISINA VE TUTUMUNA ETKİSİ: BİR META-ANALİZ ÇALIŞMASI

Veli ÜNLÜ

Bu araştırmanın amacı matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisini meta-analiz yöntemiyle belirlemektir. Aynı zamanda çalışmalar yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü moderatörleri ile incelenmiştir. Çalışmalar Yüksek Öğretim Kurumu Başkanlığı (YÖK) Ulusal Tez Merkezi, ULAKBİM-DergiPark Akademik, ProQuest Dissertations & Theses, Web of Science (WOS), Scopus ve ERIC veri tabanları ile Google Akademik arama motorunda matematiksel modelleme, başarı ve tutum anahtar kelimeleri ve İngilizce karşılıklarının farklı kombinasyonları kullanılarak belirlenmiştir. Dâhil edilme kriterlerine göre matematik başarısı ile ilgili 45 çalışmadan 51 etki büyüklüğü ve matematik tutumu ile ilgili 19 çalışmadan 21 etki büyüklüğü elde edilmiştir. Çalışmalardan elde edilen veriler CMA (Comprehensive Meta-Analysis) programı ile analiz edilmiştir. Çalışmaların etki büyüklükleri için Hedges's g değeri kullanılmış ve ortalama etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Araştırmada yayın yanlılığının olup olmadığını test etmek amacıyla huni grafiği, Rosenthal'ın güvenli N, Orwin'in güvenli N, Egger'in doğrusal regresyon analizi, Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu, Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemleri kullanılmıştır. Araştırmanın bulgularına göre, meta-analize dâhil edilen çalışmalarda yayın yanlılığının olmadığı ve çalışmalar arasında yeterli düzeyde heterojenliğin bulunduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı üzerindeki ortalama etki büyüklüğü; 0,712-0,978 güven aralığında 0,845 (%95 CI, SE=0,068) ile yüksek düzey, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumu üzerindeki ortalama etki büyüklüğü 0,257-0,582 güven aralığında 0,420 (%95 CI, SE=0,083) ile orta düzey olarak bulunmuştur. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı üzerindeki etkisi yayın yılı, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğrenme alanı/konu ve örneklem büyüklüğü moderatörlerine göre anlamlı düzeyde farklılık gösterirken; yayın türü, öğretim kademesi ve uygulama süresi moderatörlerine göre farklılık göstermemiştir. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumu üzerindeki etkisi yayın yılı, yayın türü, öğretim kademesi ve öğrenme alanı/konu moderatörlerine göre anlamlı düzeyde farklılık gösterirken diğer moderatörlere göre farklılık göstermemiştir. Çalışma sonunda matematiksel modelleme ile öğretime ilişkin uygulayıcılara ve araştırmacılara bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel modelleme, matematik, başarı, tutum, meta-analiz.

ABSTRACT

Necmettin Erbakan University, Graduate School of Educational Sciences
Department of Mathematics and Sciences Education
Mathematics Education Program
Doctoral Thesis

THE EFFECT OF INSTRUCTION WITH MATHEMATICAL MODELING ON MATHEMATICS ACHIEVEMENT AND ATTITUDE: A META-ANALYSIS STUDY

Veli ÜNLÜ

The aim of this research is to determine the effect of teaching with mathematical modeling on mathematics achievement and attitude by using meta-analysis method. At the same time, the studies were examined with the moderators of publication year, publication type, country of application, research design, teaching level, learning area/subject, duration of application and sample size. Studies were determined by using different combinations of mathematical modeling, achievement and attitude keywords and English equivalents in Higher Education Institution (YÖK) National Thesis Center, ULAKBİM-DergiPark Akademik, ProQuest Dissertations & Theses, Web of Science (WOS), Scopus and ERIC databases and Google Scholar search engine. According to the inclusion criteria, 51 effect sizes were obtained from 45 studies on mathematics achievement and 21 effect sizes from 19 studies on mathematics attitude. The data obtained from the studies were analyzed with the CMA (Comprehensive Meta-Analysis) program. Hedges's g value was used for the effect sizes of the studies and the mean effect size was calculated according to the random effects model. Funnel plot, Rosenthal's safe N , Orwin's safe N , Egger's linear regression analysis, Begg and Mazumdar rank correlation, Duval and Tweedie's trim and fill methods were used to test whether there is publication bias in the research. According to the findings of the study, it was determined that there was no publication bias in the studies included in the meta-analysis and there was sufficient heterogeneity among the studies. As a result of the research, the mean effect size of teaching with mathematical modeling on mathematics achievement was found to be high with 0.845 (%95 CI, SE=0.068) in the confidence interval of 0.712-0.978, the mean effect size of teaching with mathematical modeling on mathematics attitude was found to be medium with 0.420 (%95 CI, SE=0.083) in the confidence interval of 0.257-0.582. While the effect of teaching with mathematical modeling on mathematics achievement differed significantly according to the year of publication, country of application, research design, learning area/subject and sample size moderators, it did not differ according to the moderators of publication type, teaching level and duration of application. While the effect of teaching with mathematical modeling on mathematics attitude differed significantly according to publication year, publication type, teaching level and learning area/subject moderators, it did not differ according to other moderators. At the end of the study, some suggestions were made to practitioners and researchers about teaching with mathematical modeling.

Keywords: Mathematical modeling, mathematics, achievement, attitude, meta-analysis.

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, araştırmanın amacı, araştırmanın önemi, sayıtlar, sınırlılıklar ve tanımlar başlıklarına değinilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Sayı ve ölçü temeline dayanan niceliklerin özelliklerini tümdengelim yöntemiyle inceleyen matematik, formel bir bilimdir (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 1976; Türk Dil Kurumu [TDK]). Yaşamın soyutlanmış biçimi olan matematik (Altun, 2018) akıl yürütme, eleştirel düşünme, problem çözme, modelleme ve iletişim becerilerini desteklemektedir (Millî Eğitim Bakanlığı-Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı [MEB-TTKB], 2013). Matematik farklı pek çok disiplin ile ilişkilidir ve günlük yaşamla iç içe geçmiş durumdadır (Lesh ve Doerr, 2003). Günlük yaşamla ilişkili olmasına rağmen soyut kavramlar içermesi, öğretimin günlük yaşamla ilişkilendirme yapılarak gerçekleştirilmemesi nedeniyle matematik genellikle ön yargı ile yaklaşılan bir derstir (Dowker ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2019). Bu ön yargıların ortadan kaldırılması için matematiğin günlük yaşamla ilişkilendirilerek öğretilmesi, öğretim sürecinde farklı yöntem ve tekniklere başvurulması gerekmektedir (Yenilmez ve Dereli, 2009).

Matematiksel kavram ve ilkeleri günlük yaşamla ilişkilendirme yollarından biri matematiksel modellemedir (Doruk ve Umay, 2011). Matematiksel modelleme, yaşamın her alanındaki problemlerin doğasındaki ilişkileri görebilmeyi, onları keşfedip aralarındaki ilişkileri matematiksel terimlerle ifade edebilmeyi, sınıflandırabilmeyi, genelledebilmeyi ve sonuçlar çıkarabilmeyi kolaylaştıran dinamik bir yöntemdir (Fox, 2006). Diğer bir deyişle, matematiksel modelleme gerçek dünyayı anlamak için bir merceğe görevi görmektedir (OECD, 2018).

Matematiksel modelleme öğretim ortamlarında bir süreç olarak uygulanmaktadır. Literatürde basit bir şekilde tanımlanmış modelleme süreçleri olduğu gibi karmaşık modelleme süreçleri de bulunmaktadır (Berry ve Huston, 1995; Kapur, 1998; Maaß, 2010; Müller ve Witmann, 1984; Pollak, 2007). Genel anlamda bu süreçte ilk olarak gerçek yaşam probleminin matematiksel bir probleme dönüştürülmesi gerekir. Gerçek yaşamdaki bir problem anlaşılır, sadeleştirilir ve matematiksel olarak sunulur. Matematiksel modelleme ile ilgili problemlerin günlük yaşamla bağlantısının olması gerekir. Problemler öğrenci için anlamlı ve değerli olmalıdır (Bukova Güzel ve Elçi, 2019). Bu anlamda matematiksel modelleme sürecini

kullanmayı gerektiren problemler, tek bir cevabı olan rutin problemleri kapsamaz. Buradaki asıl amaç matematiksel bilgileri anlamak değil gerçek yaşamı anlamak, gerçek yaşam ve matematik arasında bağ kurmaktır (Lesh ve Doerr, 2003). İkinci aşamada matematiksel dünyaya transfer edilen problemin uygun yöntem ve araçlar kullanılmasıyla birlikte çözümü gerçekleştirilir. Üçüncü aşamada matematiksel çözümün gerçek dünya problemi bağlamında yorumu yapılır. Son aşamada ise gerçek dünya probleminin çözümü üzerine yansıtma yapılır ve gerekli görülürse model tekrar geliştirilir (Singapur Millî Eğitim Bakanlığı, 2013). Özetle bu süreç; matematiksel çözümün yapılabildiği gerçek yaşama uyarlanmasından ibarettir (Swetz ve Hartzler, 1991). Modelleme sürecinde problemdeki değişkenler belirlenmeli, değişkenlerden modeller oluşturulmalı, modeller aracılığı ile işlemler gerçekleştirilmeli ve sonuçlar yorumlanmalıdır (Ortak Temel Devlet Standartları Girişimi [Common Core State Standards Initiative], 2010).

Matematik eğitiminde model ve modelleme kullanımı ile öğrencilerin karar verme, ilişkisel düşünme ve matematiği kullanma becerileri gelişir. Ayrıca modelleme, matematiğin günlük yaşamdaki yeri hakkında farkındalık sağlarken matematik öğretimi destekler (Ural, 2018). Araştırmalar matematiksel modellemenin matematiksel kavramları anlama ve uygulamaya (Sokolowski, 2015b), günlük yaşamda matematiksel dili kullanmaya katkı sağladığını (Doruk ve Umay, 2011) ortaya koymuştur. Bu doğrultuda matematiksel modellemeye, öğrenme ve öğretme süreçlerinde yer verilmesi gerektiği pek çok ülkenin öğretim programlarında vurgulanmıştır (Tekin Dede, 2021). Ayrıca öğretim programlarında modellerin ve modellemenin matematiği somutlaştırdığına değinilmiştir (Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority [ACARA], 2017; KMK, 2003; MEB-TTKB, 2018; National Council of Teachers Mathematics [NCTM], 2000).

Türkiye’de ilk defa 2005 yılında matematik dersi öğretim programında modellemeye değinilmiştir (MEB-TTKB, 2005). 2011 yılında yayımlanan ortaöğretim matematik öğretim programında modellemeye ve matematiksel modellemeye geniş bir şekilde yer verilmiştir. Bu program akıl yürütme, problem çözme, ilişkilendirme gibi becerilerin yanında modelleme becerisinin geliştirilmesini hedeflemektedir. Matematiksel modelleme becerisi, sadece matematikçilerin değil problem çözme ile ilgilenen tüm insanların kullandıkları bir beceri olarak ifade edilmiştir. Son olarak 2018 yılında güncellenen öğretim programlarında öğrencilerin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde; kişisel, sosyal, akademik ve iş hayatlarında ihtiyaç duyacakları beceriler, Türkiye Yeterlilikler Çerçevesinde (TYÇ)

belirlenmiştir. Bu becerilerden biri matematiksel yetkinliktir. Matematiksel yetkinlik, günlük hayatta karşılaşılan bir dizi problemi çözmek için matematiksel düşünme tarzını geliştirme ve uygulamadır. Sağlam bir aritmetik becerisi üzerine inşa edilen bu süreçte, faaliyet ve bilgiye vurgu yapılmaktadır. Matematiksel yetkinlik, düşünme (mantıksal ve uzamsal düşünme) ve sunmanın (formüller, modeller, kurgular, grafikler ve tablolar) matematiksel modlarını farklı derecelerde kullanma beceri ve isteği ile ilgilidir (MEB-TTKB, 2018). Bu bağlamda düşünme ve sunma süreçlerinin matematiksel modellemenin bazı aşamaları ile ilgili olduğu söylenebilir. Diğer yandan ders kitaplarında modellemenin somutlaştırma ve görselleştirme ile sınırlı kaldığı, modelleme kavramının matematiksel modellemeden ziyade “matematiği modelleme” şeklinde ele alındığı görülmüştür (Çavuş Erdem ve ark., 2017). Benzer şekilde; çeşitli ülkelerin öğretim programlarında matematiksel modellemenin ele alınması ile ilgili iki farklı yaklaşımdan söz edilebilir. Bu yaklaşımlardan birinde, matematiksel modelleme ile gerçek yaşam ve matematik arasındaki geçişler ele alınmaktadır. Diğer yaklaşımda ise problem çözme sürecinde matematiği modelleme ele alınmaktadır (Tekin Dede, 2021). Bu noktada matematiksel model ve matematiksel modelleme kavramları arasındaki farkı anlamakta fayda vardır. Matematiksel model bazen iki değişken arasındaki ilişkiyi gösteren denklem, eşitsizlik, fonksiyon gibi soyut matematiksel ifadeler olarak karşımıza çıkarken bazen de matematiksel kavram ve işlemlerin daha iyi anlaşılması için kullanılan onluk taban blokları, kesir çubukları, cebir karoları gibi somut nesnelere karşımıza çıkmaktadır (Crillo ve ark., 2016). Matematiksel modelleme ise matematiksel temsiller aracılığı ile gerçek yaşam problemlerinin ifade edilmesi sürecini içermektedir (Borromeo Ferri, 2006; NCTM, 1989).

PISA (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı [Programme for International Student Assessment]) ve TIMMS (Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması [Trends in International Mathematics and Science Study]) gibi uluslararası karşılaştırmalı ve ABİDE (Akademik Becerilerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi) gibi ulusal sınavlarda ana alanlardan biri olan matematikte başarıyı yakalamada matematiksel modellemenin oldukça önemli bir yeri vardır. Çünkü bu sınavlarda yer alan günlük yaşamla ilgili soruların çözümünde matematiksel modelleme sürecindeki aşamaları kullanmak gerekmektedir (MEB, 2020; OECD, 2018). Öyle ki; PISA 2021 raporunda matematiksel modellemenin PISA matematik yapısının mihenk taşı olduğunu vurgulanmaktadır. Diğer bir deyişle formüle etme, kullanma, yorumlama ve değerlendirme aşamalarından oluşan modelleme süreci PISA'nın matematik okuryazarlığına yönelik anlayışının merkezindedir (OECD, 2018). Benzer şekilde TIMMS sınavında matematik

bilişsel alanı uygulama başlığı altında değerlendirilen becerilerinden biri de modellemedir (MEB, 2020).

Matematik eğitiminde modelleme tek başına kullanıldığı gibi 5E modeli (Tezer ve Cumhuri, 2017), STEM (Armutcu ve Bal, 2022; Stohlmann, 2017), web tabanlı öğrenme (Baki ve Güveli, 2008), teknoloji destekli öğrenme (Blomhøj, 2008) gibi farklı yaklaşımlarla bütünleştirilerek de kullanılmıştır. Diğer yandan matematiksel modelleme ile ilgili problem çözme başta olmak üzere (Kim ve Kim, 2010; Mousoulides ve ark., 2008; Nourallah ve Farzad, 2012; Voskoglou ve Buckley, 2012), türev, limit, diziler, seriler, fonksiyonlar, grafikler, trigonometri ve geometrik cisimler (Betanga, 2018; Freeman, 2014; Karacı Yaşa ve Karataş, 2018; Perk, 2019), cebir (Kabadaş ve Yavuz Mumcu, 2022; Sokolowski, 2015b), doğal sayılarla işlemler (Delikanlı, 2019; Muşlu ve Çiltaş, 2016), kesirlerle işlemler (Kaya, 2019), oran ve orantı (Pazarıcı Çelenk, 2019), katı cisimlerin alan ve hacmi (Özdemir ve Işık, 2015) gibi farklı öğrenme alanı/konularında araştırmalar yapılmıştır.

Matematik eğitiminde modellemenin potansiyel rolünden yola çıkarak okul öncesinden üniversite kademesine kadar pek çok araştırma gerçekleştirilmiştir (English ve Watters, 2005). Hatta matematiksel modelleme konusunda uluslararası düzeyde bilimsel toplantılar düzenlenmekte ve bilimsel dergiler yayınlanmaktadır (Çiltaş, 2011; Kaiser ve ark., 2006). Araştırma sonuçlarından yola çıkarak matematiksel modelleme ile ilgili çalışmaların 1990'lı yıllara kadar ön araştırma niteliğinde olduğu, 1990'dan sonra ise özgün bir yapıya ulaştığı, çeşitlendiği ve güçlendiği söylenebilir (Stillman ve ark., 2015). Uluslararası literatüre paralel olarak Türkiye'de bu alanda yapılan araştırmaların sayısı da 2000 yılından itibaren artmıştır (Aztekin ve Taşpınar Şener, 2015; Kula Ünver ve ark., 2021). Son yıllarda ise matematiksel modelleme ile ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan çalışmalarda artış söz konusudur (Albayrak ve Çiltaş, 2017; Aztekin ve Taşpınar Şener, 2015). Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir: Araştırmaların büyük çoğunluğu öğretmen adayları üzerinde yapılmıştır, öğretmenler üzerinde araştırma yapılmamıştır, uzun süreli uygulamalar matematiksel modellemenin anlaşılması ve uygulanmasını kolaylaştırır, matematiksel modelleme sürecinin en anlaşılır aşaması problemi anlama kısmıdır (Kula Ünver, Özaltun Çelik ve Özgür, 2021). Yapılan araştırmalardan bir kısmında öğretmen, öğretmen adayı ve öğrencilerin matematiksel modelleme konusunda yeterli bilgiye sahip olmadığına değinilmiştir (Biembengut ve Faria, 2011; Blum, 1996; Kaiser ve ark., 2010; İncikabı, 2020; Urhan ve Dost, 2016). Öğretim programlarının matematiksel modellemeyi uygulayacak şekilde

düzenlenmemesi, öğretmen inanç ve alışkanlıkları, mesleki gelişim programlarındaki eksiklikler, uygulamaların eğitim ve öğretim ortamlarına aktarılamaması matematiksel modellemenin etkili bir şekilde kullanılamamasının nedenleri arasında sayılabilir (Ural, 2018). Matematiksel modellemenin derslerde kullanımı, uygun ölçme ve değerlendirmenin yapılması kapsamlı ve yenilikçi bir pedagojik uygulama olarak algılandığı için öğretmen ve öğretmen adaylarında isteksizliğe neden olmaktadır (Manouchehri, 2017; Ural, 2018).

Matematiksel modelleme ile ilgili çalışmaların bazılarında matematiksel modelleme uygulamalarının etkililiği araştırılmıştır. Matematiksel modellemenin matematik başarısına (Armutcu ve Bal, 2022; Aydoğdu ve Tutak, 2018; Bakırcı, 2016; Cinislioğlu, 2017; Delikanlı, 2019; Dışbudak, 2014; Ellington, 2005; Kaya, 2019; Kurt, 2019; Kurtuluş Kayan, 2019; Muşlu ve Çiltaş, 2016; Pazarcı Çelenk, 2019; Perk, 2019; Tezer ve Cumhuriyet, 2017; Yıldırım ve Işık, 2015; Zihar, 2018), matematik performansına (Karacı Yaşa ve Karataş, 2018), öğrenme düzeyine (Kabadaş ve Yavuz Mumcu, 2022), matematiğe yönelik tutuma (Aydoğdu ve Tutak, 2018; Delikanlı, 2019; Dışbudak, 2014; Koç, 2022; Kurt, 2019; Yiğit, 2022), üst biliş (Çetinkaya, 2020; Freeman, 2014), modelleme yeterliğine (Alkan, 2019), okuduğunu anlama becerisine (Alkan, 2019), günlük hayatla ilişki kurma becerisine (Kurtuluş Kayan, 2019; Sandalcı, 2013), öz yeterliğe (Kurt, 2019), zorluk algısına, öğrenilenlerin kalıcılığına ve problem çözme becerisine (Koç, 2022; Mousoulides ve ark., 2008; Tezer ve Cumhuriyet, 2017; Yiğit, 2022), motivasyona (Yiğit, 2022), ilgiye (Zihar, 2018), yaratıcılık ve kendi kendine öğrenme tutumuna (Kim ve Kim, 2010), matematik okuryazarlığına (Armutcu ve Bal, 2022) etkisi çalışılan konular arasındadır. Bu konular arasında başarı ve tutum ile ilgili çalışmaların sayıca fazlalığı göze çarpmaktadır. Matematik tutumu ile matematik başarısı arasındaki ilişki (Peker ve Mirasyedioğlu, 2003; Tabuk, 2019; Yücel ve Koç, 2011) dikkate alındığında matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumuna etkisi önemli görünmektedir. Matematiksel modellemenin matematik başarısına etkisinin anlamlı ve olumlu etkisinin olduğu çalışmaların (Aktaş, 2019; Bakırcı, 2016; Özturan Sağırlı, 2010) yanında, anlamlı olmayan çalışmaların da (Büyükadıgüzel, 2019; Dışbudak, 2014; Freeman, 2014) olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, matematiksel modellemenin matematiğe yönelik tutuma etkisinin anlamlı ve olumlu etkisinin olduğu çalışmaların (Betanga, 2018; Delikanlı, 2019; Ergene, 2019; Kurt, 2019; Şeker, 2019) yanında, anlamlı olmayan çalışmaların da (Koç, 2022; Nam, 2018) olduğu görülmektedir.

Matematiksel modelleme konusu ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmaların tamamı öğretim kademesi, yayın türü, çalışmanın yapıldığı ülke, öğrenme alanı, yayın yılı, uygulama süresi gibi değişkenlere göre farklılaşmaktadır. Çalışmalar arası bu farklılaşmanın nedenlerini ortaya çıkarmak adına nicel yöntemlerle gerçekleştirilen bağımsız çalışmaların meta-analiz yönteminin kullanıldığı bir araştırma ile birleştirilmesi ve çalışma sonuçlarının sentezlenmesi genel sonucu görmeye yardımcı olacaktır. Literatür incelendiğinde matematiksel modellemenin başarı ve tutum üzerindeki etkisini kısmen de olsa inceleyen meta-analiz çalışmaları bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesinde Sokolowski (2015a), matematiksel modellemenin öğrenci başarısına etkisini incelemiştir. Bu çalışma sınırlı sayıdaki çalışmaları kapsamaktadır. Sadece başarıya odaklanması, örneklem sayısının az olması, çalışmalar arasındaki farklılıkların öğretim kademesi, uygulama süresi, konu ve modellemenin uygulanma şekline göre sınırlı bir şekilde açıklanması matematiksel modellemenin etkililiği ve ilişkili olduğu değişkenleri görmek için yeterli değildir. Diğer çalışmada Uysal (2021) matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına, ders tutumuna ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisini incelemiştir. Buradaki çalışmalar farklı disiplin alanlarındaki matematiksel modellemeleri kapsamakta, özel olarak matematik başarısı ve matematik tutumunu kapsamamaktadır. Ulusal ve uluslararası literatürde matematik eğitimi alanında matematiksel modellemenin hem matematik başarısı hem de matematik tutumu üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde araştıran ve meta-analize dâhil edilen çalışmalar arasındaki farklılıkları detaylı bir şekilde inceleyen bir meta-analiz çalışmasına rastlanılmamıştır. Tüm bu durumlar düşünüldüğünde matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisinin ne olduğunun bilinmesi, bu etkilerin yön ve düzeylerinin belirlenmesi ve bu etkilerin çeşitli değişkenlere göre incelenmesi önemli görünmektedir. Bu açıklamalar doğrultusunda “matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi nedir?” ve “matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi yayın yılına, yayın türüne, uygulanan ülkeye, araştırma desenine, öğretim kademesine, öğrenme alanı/konusuna, uygulama süresine ve örneklem büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?” problemlerine yanıt aranmıştır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısına ve tutumuna etkisini meta-analiz yöntemi ile belirlemektir. Ayrıca araştırmada matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumunu etkilediği düşünülen

çalışma moderatörleri (yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü) belirlenmiş ve bu moderatörlere göre çalışmalar arasındaki farklılıklar saptanmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki problemlere yanıt aranmıştır:

- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı üzerindeki etkisi nedir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumu üzerindeki etkisi nedir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi yayın yılına göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi yayın türüne göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi uygulanan ülkeye göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi araştırma desenine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi öğretim kademesine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi öğrenme alanı/konusuna göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi uygulama süresine göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?
- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisi örneklem büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?

1.3. Araştırmanın Önemi

Son yıllarda matematiksel modellemeyi konu edinen nicel ve/veya nitel yöntemli birçok araştırma yapılmıştır. Bunların bazılarında matematiksel modellemenin başarının yanında tutum, kaygı, inanç, öz yeterlik, motivasyon gibi duyuşsal özelliklere etkisi araştırılmıştır. Matematik eğitimi literatürü ayrıntılı bir biçimde incelendiğinde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların sayıca fazlalığı dikkat çekmektedir. Bu çalışmaların birçoğunda etki büyüklükleri belirtilmediği için, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumunu ne ölçüde etkilediğine dair net bir bilgi bulunmamaktadır. Çalışmalarda matematik başarısını ve tutumunu olumlu veya olumsuz anlamda etkileyen, çalışmadan çalışmaya farklılık gösteren bağımsız birçok değişken

bulunmaktadır. Doğası gereği çalışmalar arasında çalışmaların özelliklerini yansıtan çalışma desenine (müdahale süresi, örnekleme yöntemi vb.), çalışmanın kendisine (yayın türü, ülke, bölge vb.), katılımcılara (öğrenci seviyesi, katılımcı cinsiyeti, etnik köken, sosyo-ekonomik durum, teknoloji deneyimi vb.) ve diğer (ölçme aracı, uygulayıcı, grup büyüklüğü vb.) nedenlere özgü çeşitli farklılıklar bulunmaktadır. Bu bağlamda incelenen çalışmaların bazı yıllarda yoğunlaştığı, farklı türlerde yayımlandığı, uygulamalarının farklı ülkelerde yapıldığı, araştırma yöntemlerine paralel olarak farklı desenlerde gerçekleştirildiği, öğrencilerin öğretim kademelerinin farklılaştığı, farklı konu ve öğrenme alanlarında çalışıldığı, uygulamaların kimi çalışmalarda çok uzun kimi çalışmalarda çok kısa sürdüğü, örneklem büyüklüklerinin farklı olduğu görülmüştür. Bu farklılıkların her biri meta-analiz çalışmaları için oldukça önemlidir. Farklılıkların kaynağı meta-analiz sayesinde tespit edilmekte ve bu sayede literatüre çok önemli katkılar sunulmaktadır (Şen ve Yıldırım, 2020). Bu çalışmada, moderatör olarak diğerlerine göre daha ön planda olanlar ve araştırmacılar tarafından net bir şekilde açıklananlar belirlenmiştir. Belirlenen değişkenlerin (yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü), çalışmalara etkisi meta-analiz yöntemi ile araştırılarak, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısı ve tutumuna etkisi ortaya çıkarılacaktır. Bu sayede geniş bir örneklem çerçevesinde etkinin ne olduğunu belirlemek mümkün olacaktır.

Ulusal ve uluslararası alanda matematiksel modelleme ile ilgili meta-analiz çalışmaları bulunmaktadır. Sokolowski (2015a) meta-analiz çalışmasına sadece 13 çalışmayı dâhil ederek öğrencilerin başarısına odaklanmıştır. Uysal (2021), matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına, ders tutumuna ve modelleme yeterliklerine etkisini meta-analiz yöntemiyle incelediği çalışmasını farklı disiplin alanlarında gerçekleştirmiştir. Bu meta-analiz çalışması; Sokolowski'nin (2015a) sadece başarıya odaklanması, çalışmalar arasındaki farklılıkların yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, örneklem büyüklüğü moderatörleriyle açıklanması, Uysal'ın (2021) çalışmasının farklı disiplin alanlarında gerçekleştirilmesi, özel olarak matematik başarısı ve tutumunu kapsamaması, çalışmalar arasındaki farklılıkların yayın yılı, uygulanan ülke, öğrenme alanı/konu moderatörleriyle açıklanması nedenlerinden dolayı ilgili çalışmalardan farklıdır.

Ulusal ve uluslararası literatürde matematik eğitimi alanında matematiksel modellemenin matematik başarısı ve tutumu üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde araştıran ve çalışmalar arasındaki farklılıkları detaylı bir şekilde inceleyen bir meta-analiz çalışmasına

rastlanmamıştır. Matematik tutumunun matematik başarısını etkilediği (Topbaş Tat, 2021) düşünüldüğünde, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumu hatta farklı duyuşsal özellikler üzerindeki etkisi ile ilgili herhangi bir meta-analiz çalışması da bulunmamaktadır.

Bu meta-analiz çalışmasıyla matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisinin belirlenen değişkenlerle birlikte ne olduğuna yönelik genel bir durum ortaya çıkarılacak, matematiksel modelleme ile öğretimin gerçekleştirildiği çalışmaların tamamı için öz bir bakış açısı sağlanacak ve sonuçlar diğer çalışmalarla karşılaştırılabilecektir. Etki büyüklükleri arasındaki farklılaşmanın nedenleri yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi, örneklem büyüklüğü moderatörleri ile ortaya koyulabilecek ve matematiksel modelleme çalışmaları gelecekte etkili bir şekilde yürütülebilecektir. Bu bağlamda araştırma sonuçlarının araştırmacılara katkı sağlayacağı beklenmekte; program geliştiriciler, akademisyenler ve eğitimciler tarafından dikkate alınacağı düşünülmektedir.

1.4. Sayıtlar

- Araştırmaya dâhil edilen çalışmaların bulgularının bilimsel etiğe uygun, doğru, tutarlı ve objektif bir şekilde raporlaştırıldığı varsayılmıştır.
- Araştırmayı konu olan çalışmaların veri tabanlarına doğru bir şekilde aktarıldığı, kataloglaştırmanın hatasız bir şekilde yapıldığı varsayılmıştır.
- Bir meta-analiz çalışmasının geçerliği araştırmaya dâhil edilen çalışmaların geçerliği oranında geçerlidir (Petitti, 2000). Meta-analize dâhil edilen çalışmaların geçerlik ve güvenilirliklerinin, çalışmaların araştırmacıları tarafından sağlandığı varsayılmıştır.

1.5. Sınırlılıklar

- Yöntem bölümünde belirtilen dâhil edilme ve hariç tutma kriterlerine göre araştırma kapsamına alınan çalışmalar ile sınırlıdır.
- Çalışmaların kalitesi, sadece yayımlanmış çalışmaları içermesi, orijinal çalışmalarda yapılmış hatalar gibi meta-analizin kendine özgü sınırlılıkları ile sınırlıdır.

1.6. Tanımlar

Matematiksel modelleme: Gerçek yaşam probleminin fark edilmesi, matematiksel olarak ifade edilmesi, modeller oluşturarak çözülmesi, yorumlanması ve doğrulanması gibi aşamaları içeren bir süreçtir (Borromeo-Ferri, 2006). Literatürde farklı birçok tanımı bulunmaktadır.

Meta-analiz: Konuları aynı olan farklı çalışmaların analiz sonuçlarının birleştirilmesi ile ilgili istatistiksel bir analizdir.

Etki büyüklüğü: Bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasında ilişkiyi veya uygulamanın etkisini gösteren istatistiksel bir terimdir.

Ortalama etki büyüklüğü: Meta-analize dâhil edilen çalışmaların etki büyüklüklerinin birleştirilmesi ile elde edilen istatistiksel bir terimdir. Genel etki büyüklüğü olarak da kullanılmaktadır (Dinçer, 2021).

Moderatör (çalışma karakteristiği): İki değişken arasındaki ilişkiye etki ettiği düşünülen diğer bir değişkendir. Meta-analiz sonucuna etki ettiği varsayılan ve analizde kullanılan çalışmaların türü, yöntemi, katılımcıların cinsiyeti, katılımcıların sosyo-ekonomik durumları gibi bağımsız değişkenlerdir.

Matematik başarısı: Matematik ile ilgili bilgi düzeyini ölçen araçlardan elde edilen sonuçlardır.

Matematik tutumu: Matematiğe yönelik olumlu ya da olumsuz duygusal eğilimdir.

BÖLÜM 2

2. ALAN YAZIN

Bu bölümde model ve modelleme, matematiksel model ve matematiksel modelleme, matematiksel modelleme yaklaşımları, matematiksel modelleme süreci, matematiksel modelleme yeterlikleri, matematiksel modelleme etkinlikleri ve ilgili araştırmalar başlıklarına yer verilmiştir.

2.1. Model ve Modelleme

Model ve modelleme birbiriyle ilişkili ancak birbirinden farklı iki kavramdır. Model, basit anlamıyla değişkenler arasında varsayılan ilişkiler için kullanılır. Model formül, tablo, grafik vb. örnek verilebilir (Ural, 2018). Model dış temsil sistemlerinin kullanıldığı, tanımlandığı, içerisinde ilişkiler, işlemler ve kuralların bulunduğu kavramsal sistemlerdir (Lesh ve Doerr, 2003). Gerçek hayatı anlayabilmek için kavramsal sistemlere, bunların dış temsillerine veya modellerine ihtiyaç olduğu söylenebilir (Dost, 2019). Mühendislerin tasarladıkları maket uçaklar modellere örnek olarak verilebilir (Lesh ve Doerr, 2003). Bu uçaklar, mühendislerin gerçekte yapmak istediklerine benzer özellikler gösterir ancak özelliklerin tümünü içermezler. Mühendislerin bu modeli yapmalarındaki amaç karmaşık sistemleri daha iyi anlayabilmek ve önceden çıkabilecek aksaklıkları görebilmektir. Buna göre model, gerçekten daha basit özellikler gösterir.

Model, modelleme sürecinin sonunda oluşan ürün, materyal veya durumsal araç olarak ifade edilirken modelleme, model oluşturma sürecini ifade etmektedir. Model, modelleme sürecinde gerekli bir araç ve sürecin sonunda elde edilmesi gereken bir ürün olarak görülmelidir (Hıdıroğlu, 2012). Modelleme sürecinde durumlar veya olaylar modellerle açıklanır. Modellemede temel amaç model oluşturmak değildir.

2.2. Matematiksel Model ve Matematiksel Modelleme

Matematiksel model ve matematiksel modelleme kavramları birbiriyle ilişkili ancak birbirinden farklı iki kavramdır. Lesh ve Doerr (2003) matematiksel modeli, zihinsel bir sürecin matematiksel ürünü şeklinde tanımlamışlardır. Arseven (2020) de matematiksel modeli, gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin matematiksel ifadesi için gereken kavramsal araç olarak tanımlamıştır. Benzer şekilde Dost (2019) matematiksel modeli, gerçek hayatta karşılaşılan problemin ifade edilmesinde kullanılan fonksiyon, eşitlik, tablo, resim, grafik, diyagram gibi matematiksel yapılar olarak açıklamıştır. Matematiksel modellere kelime, sembol, fonksiyon,

eşitlik, tablo, resim, grafik, geometrik şekiller, somut materyaller örnek verilebilir. Matematiksel modeller, matematiksel gösterimlerdir. Örneğin, iki değişken arasındaki ilişkiyi gösteren matematiksel ifade bir matematiksel modeldir. Literatürde matematiksel model iki farklı anlamda kullanılmaktadır (Lesh ve Doerr, 2003). Birincisi, matematiksel kavramları anlamlandırmada kullanılan modellerdir. Daha çok dış görünüş veya fiziksel özellikler dikkate alınır. Öğretim ortamlarında kullanılan somut materyaller (kesir takımları, sayma pulları, tangram vb.) örnek olarak verilebilir. İkincisi, bireylerin geliştirdikleri kavramsal sistemlerdir. Kavramsal sistemlere sembol, dil, grafik, diyagram veya etkileşimli ortamlar örnek olarak verilebilir (Dede ve ark., 2021).

Matematiksel modellemeyi basit bir tanımla vermek pek mümkün görünmemektedir. Araştırmacılar matematiksel modellemeyi farklı özelliklerini ön plana çıkararak çeşitli şekillerde tanımlamışlardır. Matematiksel modelleme sadece matematik alanında değil, birçok alanda yer almaktadır. Matematiksel modelleme ister matematikle ilgili olsun ister olmasın olay veya olgular arasındaki ilişkileri matematiksel olarak ifade etme ve örüntüler ortaya çıkarma sürecidir (Tutak ve Güder, 2014). Matematiksel modelleme gerçek hayatta karşılaşılan bir problemin matematiksel olarak ifade edilmesi ve matematiksel modeller yardımıyla açıklanması sürecidir (Berry ve Houston, 1995). Matematiksel modelleme, modellemenin bir alt kavramıdır. Matematiksel modelleme gerçek yaşam ile matematiğin ilişkilendirildiği, matematiksel sembollerin, kavramların ve becerilerin kullanıldığı genel bir süreci ifade etmektedir.

Matematiksel modelleme, matematiğin karmaşıklığı ve soyut yapısını anlaşılır kılmak için yapılan modelleme anlayışından farklılık göstermektedir (Çavuş Erdem ve ark., 2017). Onluk sayma blokları, cebir karoları, kesir kartları gibi somut materyaller matematiksel kavramları ve işlemleri anlaşılır kılmak için kullanılan yapılardır. Matematiksel modelleme, bu gibi kullanımlardan dolayı ilkökul kademesinde somut materyal kullanımı olarak algılanmaktadır (Lesh ve ark., 2003). Cirillo ve ark. (2016) matematiksel kavram ve yapıların bu şekilde matematiksel temsillerle gösterilmesini “matematiği modelleme” olarak tanımlamış, matematiksel modellemeden farklı bir kavram olarak yorumlamışlardır. Matematiği modellemede matematikten gerçek yaşama, matematiksel modellemede ise gerçek yaşamdan matematiğe doğru bir yönelim söz konusudur. Matematiği modellemede amaç matematiksel kavramları görsel bir forma sokarak anlaşılır kılmak iken matematiksel modellemede amaç gerçek yaşamdaki bir probleme çözüm olabilecek kavramsal araçları geliştirmektir.

Matematiksel modellemede; matematiği modellemede daha çok kullanılan görsel ve somut modellerin yanında denklem, eğitsizlik, grafik, tablo gibi her türlü yapının model olabileceği, hatta Lesh ve Doerr'a (2003) göre problem üzümünde varsayımların da zihinsel bir model olarak kabul edildiği bir anlayış söz konusudur (avuş Erdem ve ark., 2017).

2.3. Matematiksel Modelleme Yaklaşımları

Literatürde matematiksel modelleme ile ilgili birçok yaklaşım bulunmaktadır. Yaklaşımların her biri matematiksel modellemeye farklı pencerelerden bakmayı sağlamaktadır (Bukova Güzel, 2021). Yaklaşımlar incelendiğinde benzerliklerinin yanında farklılıklar da bulunmaktadır. Her bir yaklaşımı birbirlerinden kesin çizgilerle ayırmak oldukça zordur. Bu başlık altında literatürde sıklıkla karşılaşılan yaklaşımların önemli bazı özelliklerine değinilmiştir. Bu yaklaşımların birinde modelleme dört başlık altında açıklanmıştır (Berry ve Houston, 1995):

- Deneysel modelleme
- Teorik modelleme
- Boyutsal analiz modelleme
- Benzetim modelleme

Deneysel modelleme sürecinde verilerle birlikte problem zlmektedir. Teorik modellemede problem zme süreci verilerle birlikte teoriye dayanmaktadır. Bazı durumlarda deneysel veriler sonuç üretmez, soyut bir model oluşturmaz. Genellikle bilgisayarların kullanıldığı ve cebirsel yollarla elde edilemeyen olasılıklar benzetim modellemeyle elde edilir (Berry ve Houston, 1995). Mühendislerin tasarlamış oldukları model uçak rneği benzetim modellemeye örnek olarak verilebilir. Mühendislik, fen bilimleri gibi alanlarda değişkenlerin uygun bir şekilde gruplandırılmasıyla boyutsal analiz modelleme oluşturulmaktadır (Dost, 2019).

Kaiser ve Sriraman (2006) alışmalarında matematiksel modelleme yaklaşımlarını aşağıda belirtilen başlıklarda sınıflamışlardır:

- Gerçekçi/uygulamalı modelleme
- Kavramsal/bağlamsal modelleme
- Eğitimsel modelleme
- Sosyo-eleştirel modelleme

- Epistemolojik veya teorik modelleme
- Bilişsel modelleme

Gerçekçi/uygulamalı modellemede temel amaç gerçek dünya problemlerini çözmek, gerçek dünyayı anlamlandırmak ve öğrencilerin modelleme becerilerini geliştirmektir (Dost, 2019). Matematikle ilgili bilgiler mühendislik ve diğer alanlardaki problem durumlarında kullanılır ve uygulanır. Bu modellemede öğrencilerin gerçek yaşamda karşılaşılan problemlerde deneyim sahibi olması ve modelleme becerilerinin gelişmesi çok önemlidir (Bukova Güzel, 2021).

Kavramsal/bağlamsal modelleme, problem çözmeye yeni bir bakış açısı getirmiştir. Kavramsal/bağlamsal modellemede temel amaç gerçek yaşam durumlarında matematiksel kavramların anlamlı öğrenilmesidir (Bukova Güzel, 2021). Bu modellemede modelin oluşturulması ve öğretimde kullanılması ön plandadır. Matematiksel modelleme problemleri bu modellemede yerini karmaşık model oluşturma etkinliklerine bırakmıştır. Öğrencilerin aktif olduğu bir öğrenme süreci ve zengin öğrenme ortamları oluşturulmalıdır.

Eğitimsel modellemede temel amaç yapılandırmacı yaklaşıma benzer şekilde kavramların öğrenilmesi, öğrenme süreçlerinin oluşturulması ve geliştirilmesidir (Ural, 2018). Didaktik ve öğrenme teorilerine dayanmaktadır. Öğretimsel ve kavramsal modelleme olarak ikiye ayrılmaktadır. Öğretimsel modellemede öğrenme sürecinin yapılandırılması ve desteklenmesi ön plandayken kavramsal modellemede matematiksel bir kavramın keşfedilmesi ve tanıtılması ön plandadır (Bukova Güzel, 2021). Modelin oluşturulması, öğrenme sürecinin yapılandırılması ve desteklenmesi, kavramların tanıtılması ve anlamlandırılması, öğrenci tutum ve motivasyonunun artırılmasında önemlidir.

Sosyo-eleştirel modelleme matematiğin sosyal ve kültürel konularıyla ilgilidir. Kaynağını özgürlükçü bir yaklaşımdan alır. Bu yaklaşım özgürlükçü yaklaşımın devamı şeklinde görülebilir (Kaiser ve Sriraman, 2006). Bu modellemede matematiğin toplumdaki yeri ve matematiksel modellerin rolü eleştirel bir yolla tartışılır. Bu modellemede temel amaç eleştirel düşünmeyi teşvik etmektir. Modelleme süreci sonunda belirli fikir, davranış veya kuramlara ulaşılır (Doruk, 2010).

Epistemolojik veya teorik modellemede temel amaç teori gelişimine katkı sağlamaktır. Matematiksel kavramlar arasındaki ilişkilerin keşfedilmesi, bağlantıların kurulması ve teorilerin geliştirilmesi bu modelleme yaklaşımında önemlidir. Kaynağını didaktik antropolojik

teori ve Roma epistemolojisinden almakla birlikte Freudenthal'ın bilimsel ve hümanistik yaklaşımı ile ilişkilidir (Bukova Güzel, 2021). Bu modellemede matematikleştirme önemli olmakla birlikte dikey matematikleştirme ön plandadır. Bu yaklaşımda öğrencilerin matematiksel kavramları kullandığı gerçek yaşam durumları modellenir. Böylece öğrenciler deneyim kazanır ve becerileri gelişir (Bukova Güzel, 2021).

Bilişsel modellemede temel amaç modelleme sürecindeki şemaları ortaya çıkarmaktır. Böylece modelleme sürecindeki engeller ve zorluklar belirlenir (Kaiser ve Sriraman, 2006). Modelleme sürecindeki bilişsel süreçlerin analiz edilmesi, bu sürecin anlaşılması ve düşünme süreçlerinin desteklenmesi önemlidir. Temelleri bilişsel psikolojiye ve yapılandırmacı yaklaşıma dayanmaktadır. Bu modelleme yaklaşımda etkili bir öğrenmenin gerçekleştirilmesi için öğrencilerin etkinliklerde zorlandıkları bilişsel yapılar ortaya çıkarılır, bu sayede öğrencilerin bu zorlukları aşması için yeni öğrenme ortamları yaratılır (Bukova Güzel, 2021).

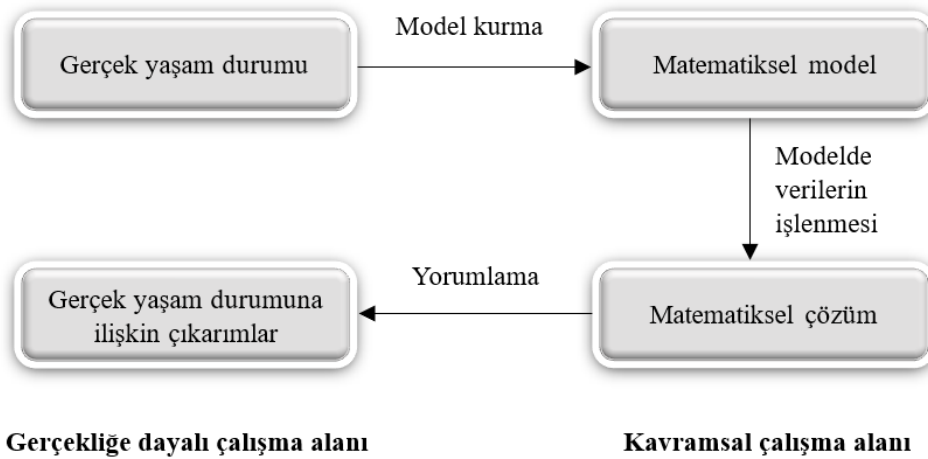
Başka bir sınıflandırmaya göre matematiksel modelleme ile ilgili yaklaşımlar kapsamlı didaktik perspektif ve belirgin araştırma amaçlarıyla bağlantılı yaklaşımlar olarak ikiye ayrılmaktadır (Kaiser ve ark., 2007). Kapsamlı didaktik yaklaşımdaki matematiksel modellemeler öğretim yaklaşımları olarak tanımlanmaktadır. Belirgin araştırma amaçlarıyla bağlantılı yaklaşımlar deneysel veya teorik çalışmalara rehberlik eder. Kavram oluşturma, becerilerin gelişimi, öğrencilerin tutumu, motivasyonu gibi duyuşsal faktörlere odaklanmaktadır.

Başka bir yaklaşımda matematiksel modelleme amaç olarak modelleme ve araç olarak modelleme biçiminde sınıflandırılmıştır (Galbraith, 2012). Amaç olarak modelleme yaklaşımında gerçek durumun modellenmesi için gereken becerilerin, yeterliklerin geliştirilmesi vurgulanırken araç olarak modelleme yaklaşımında matematiksel kavramların öğretilmesinde modellerin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Amaç olarak modellemede var olan modeller kullanılır ve matematik öğrencilere öğretilir. Hazır modellerin kullanımı ile gerçek hayat problemleri çözülür ve öğrencilerin modelleme becerilerinin gelişimi beklenir. Araç olarak modellemede matematiksel kavramların öğretilmesi amaçlanmaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için matematiksel modelleme yöntem olarak kullanılır. Gerçek yaşamdaki ihtiyaçlardan yola çıkılır ve matematiksel kavramlar kullanılır. Bu sayede bu tür modellemede öğrenciler etkinliklerin içerisinde kendiliğinden yer alır ve aktif rol alır (Dost, 2019).

2.4. Matematiksel Modelleme Süreci

Matematiksel modelleme bir problem çözme sürecidir. Matematiksel modelleme, bir problemi açıklamaktan daha fazlasını içeren karmaşık bir süreçtir (Lingefjärd, 2006). Kapur (1982) çalışmasında matematiksel modelleme sürecinin karmaşık bir yapısının olduğunu ifade ederek matematiksel modelleme sürecini değişkenleri belirleme, değişkenler arasındaki ilişkiyi bulma, değişken ve ilişkilere bağlı matematik ile ilgili bir modeli ortaya koyma ve modeli test etme olarak açıklamaktadır. Ayrıca başka bir çalışmasında matematiksel modelleme sürecini gerçek hayatta karşılaşılan problemleri matematiksel problemlere çevirme, matematiksel problemleri tekrar gerçek hayat problemlerine uyarlama şeklinde tanımlamıştır (Kapur, 1998). Müller ve Wittmann (1984) 3 temel basamaktan oluşan matematiksel modelleme sürecini model kurma, modeldeki verileri işleme ve yorumlama şeklinde ifade etmişlerdir. Başka bir çalışmada matematiksel modelleme problemi anlama, problemi çözme ve sonuç basamaklarını içeren bir süreç olarak tanımlanmıştır (Pollak, 2007).

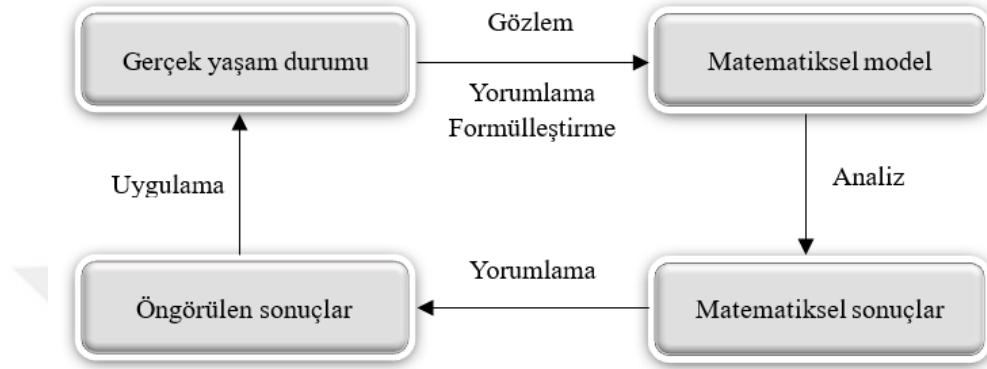
Tanımlardan görüldüğü gibi matematiksel modelleme bir süreci içinde barındırmaktadır. Alan yazında bu süreci açıklayan farklı birçok çalışma yer almaktadır. Matematiksel modelleme süreci için ortak bir tanım, döngü veya diyagram bulmak mümkün değildir. Literatürde basit bir şekilde tanımlanmış matematiksel modelleme süreçleri olduğu gibi karmaşık süreçler de bulunmaktadır. Bunlardan bazıları tarihsel gelişimleri dikkate alınarak aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 2.1. Modelleme süreci (Müller ve Wittmann, 1984).

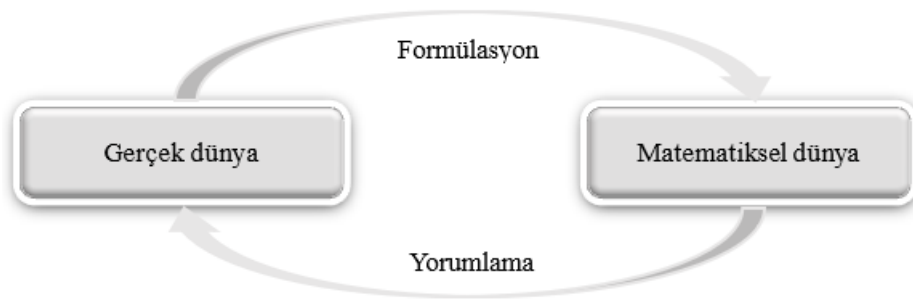
Müller ve Wittmann (1984) çalışmalarını Almanya’da ve ilkökul öğrencileri üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Modelleme süreci gerçek yaşam durumu ile başlayıp gerçek yaşam durumuna ilişkin çıkarımlarla bitmektedir. Modelleme süreci model kurma, modeldeki verileri

işleme ve yorumlama basamaklarından oluşmaktadır. Gerçek yaşam durumu ile matematiksel model kurulur, modelde veriler işlenir ve çözümlenir, çözüm yorumlanır ve gerçek yaşam durumuna ilişkin çıkarımlarda bulunulur. Tahmin ve yorumlarla süreç sonlanır. Süreçte döngüsellik ve basamaklar arasında etkileşim bulunmamaktadır. Modelleme süreci gerçekliğe dayalı ve kavramsal çalışma alanından oluşmaktadır.



Şekil 2.2. Modelleme döngüsü (Swetz ve Hartzler, 1991).

Swetz ve Hartzler (1991) çalışmalarında matematiksel modellemeyi bir problem çözme yöntemi olarak görmüşlerdir. Matematiksel modellemeyi analiz, yorumlama, uygulama gibi üst düzey bilişsel becerilerle açıklamışlardır. Swetz ve Hartzler (1991), Müller ve Wittmann'ın (1984) çalışmalarından farklı olarak modelleme sürecinin açıklanmasında doğrudan döngüsellikten ve basamaklar arasındaki etkileşimden bahsetmişlerdir.

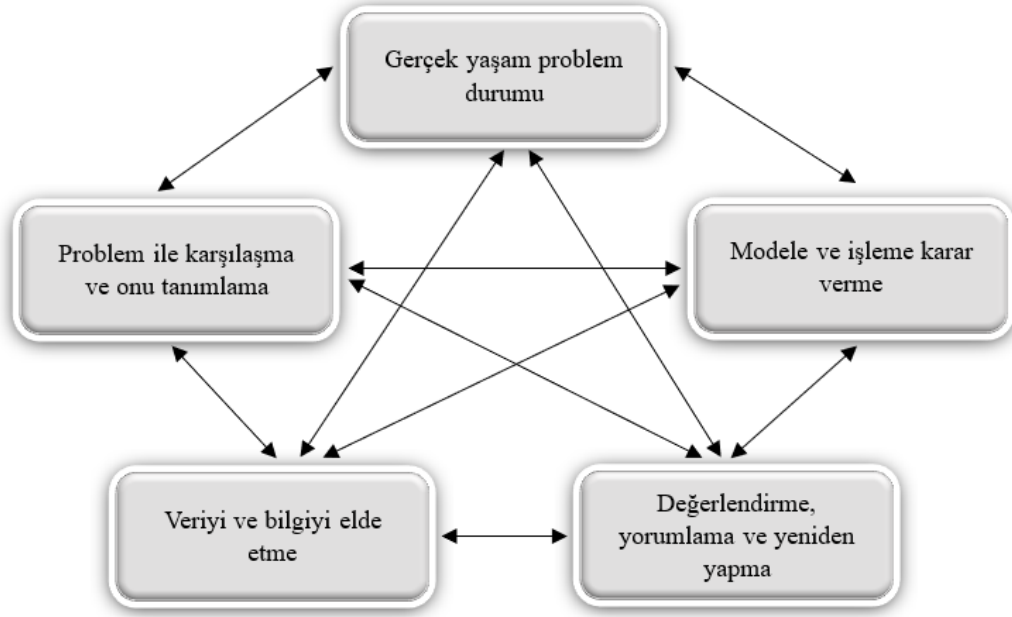


Şekil 2.3. Modelleme döngüsü basit görünüm (Berry ve Huston, 1995).

Berry ve Huston (1995) çalışmalarında matematiksel modelleme sürecini basit bir şekilde formülasyon ve yorumlama basamakları ile gerçek dünya ve matematiksel dünya bileşenlerinden oluştuğunu ifade etmişlerdir. Berry ve Huston (1995), matematiksel modellemeyi gerçek dünya problemleri üzerine inşa etmekte ve bu sürece problem çözmeyi dâhil ederek matematiksel modeli oluşturmaktadır. Matematiksel dünyadan elde edilen

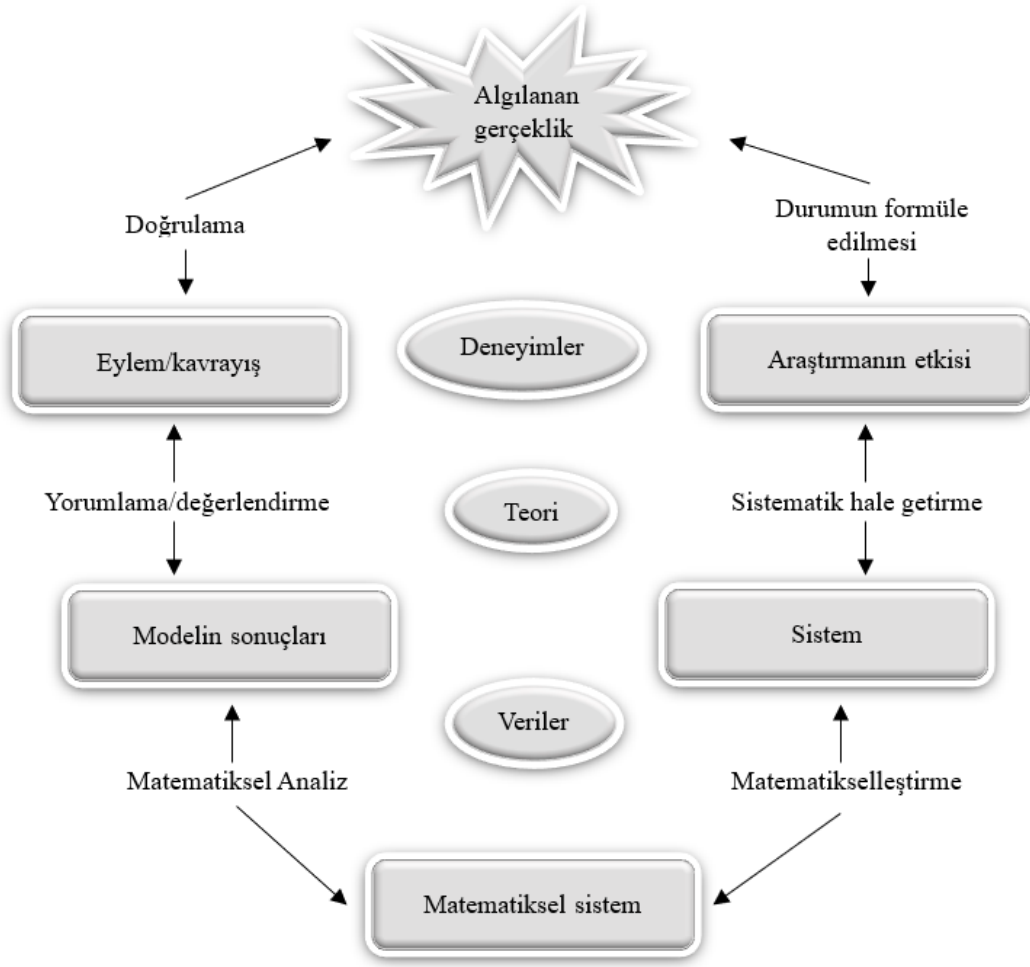
sonuçlar yorumlanarak gerçek dünyada kullanılmaktadır. Böylece gerçek dünya ile matematiksel dünya sürekli etkileşim halindedir. Döngüsel yapıda olan bu süreç problemi anlama, değişkenleri seçme, matematiksel modeli kurma, matematiksel problemi zme, zm yorumlama, modeli doğrulama, modeli başka problemler için geliştirme, raporlama temel basamaklarından oluşmaktadır. Bunlar aşağıda detaylı bir Şekilde açıklanmıştır:

- Problemi anlama: Gerçek hayat problemi tanımlanır, gerekli bilgiler toplanır.
- Değişkenleri seçme: Problemin zellikleri listelenir ve modelin değişkenleri tanımlanır.
- Matematiksel modeli kurma: Belirlenen değişkenlerle matematiksel yapılar kullanılır, matematiksel model tanımlanır.
- Matematiksel problemi zme: Kurulan model ile birlikte gerçek dünya problemi üzülür. Bu süreçte matematiksel dünyaya geçiş görülür. Beceriler ile matematiksel bilgiler kullanılarak matematiksel problemin zm gerçekleştirilir.
- zm yorumlama: zmler açıklanır, sonuçlar değerlendirilir. Sonuçlar sözel olarak ifade edilir. Modelin doğrulanması için gerekli veriler toplanır.
- Modeli doğrulama: Toplanan verilerden uygun olanlarla model test edilir.
- Modeli başka problemler için geliştirme: Varsayımlar gözden geçirilir, geliştirilir. Yeni varsayımlarla başka problemler için yeni modeller oluşturulur. Matematiksel problemi zme, zm yorumlama ve modeli doğrulama basamakları tekrar edilir.
- Raporlama: Problem ve üzümünü içeren bir poster, yazılı veya sözlü bir rapor hazırlanır.



Şekil 2.4. Matematiksel modelleme süreci (Doerr, 1997).

Doerr'un (1997) matematiksel modelleme süreci gerçek yaşamda bir problem durumu, modele ve işleme karar verme, değerlendirme, yorumlama ve yeniden yapma, veri ve bilgiyi elde etme, problem ile karşılaşma ve onu tanıma aşamalarından oluşmaktadır. Süreç herhangi bir sıralama içermeksizin döngüsel ve aşamalar birbiriyle sürekli etkileşim halindedir. Doerr'un (1997) çalışması diğer çalışmalara göre aşamalar arasında ilişkilerin ve geçişlerin olması nedeniyle farklıdır.

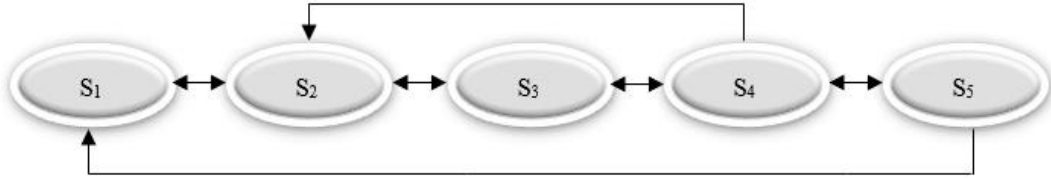


Şekil 2.5. Matematiksel modelleme sürecindeki temel etkenler (Blomhøj ve Jensen, 2006).

Blomhøj ve Jensen 2003 yılında matematiksel modelleme sürecini doğrusal olarak açıklamışlar, daha sonra 2006 yılında aynı süreci döngüsel olarak ifade etmişlerdir. Bu süreçte durumun formüle edilmesi, sistematikleştirme, matematikleştirme, sonuçları yorumlama ve değerlendirme ve modelin doğruluğunu değerlendirme basamakları bulunmaktadır. Basamaklar aşağıda açıklanmıştır:

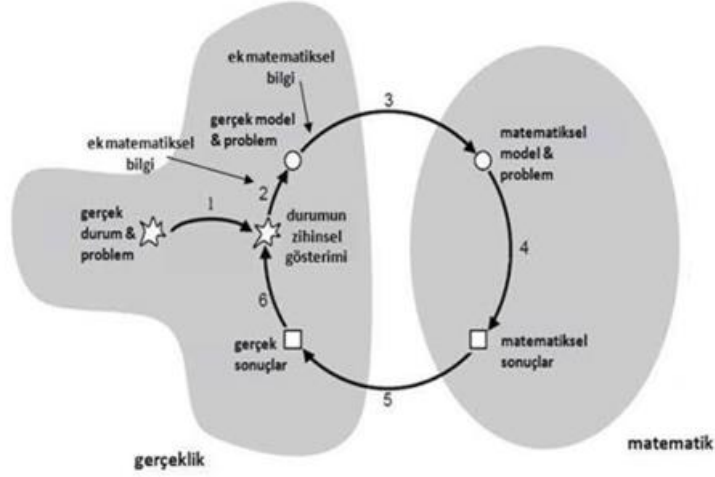
- Problemi formüle etme: Gerçek yaşam durumu ile ilgili özellikler tanımlanır ve zihinsel model oluşturulur.
- Sistematikleştirme: Durumun matematiksel gösterimlerinin yapılabilmesi için nesnelere, ilişkiler vb. belirlenir. Matematiksel bir sistemin kurulabilmesi için teorik yapı oluşturulur, varsayımlarda bulunulur ve deneyimlerden yararlanır.
- Matematikselleştirme: İlgili nesnelere ve ilişkiler matematiksel olarak ifade edilir. Gerçek yaşam ile matematiksel dünya arasındaki geçiş sağlanmış olur.
- Matematiksel analiz yapma: Matematiksel yöntemler kullanılır. Böylece matematiksel çözüm ve sonuçlara ulaşılır.

- Sonuçları yorumlama ve değerlendirme: Elde edilen çözümler ve sonuçlar gerçek yaşam durumları dikkate alınarak yorumlanır ve değerlendirilir.
- Modeli doğrulama: Teori, varsayım, deneyim ve elde edilen verilerle modelin doğruluğu test edilir.



Şekil 2.6. Matematiksel modelleme süreci akış diyagramı (Voskoglu, 2006).

Voskoglu (2006) matematiksel modelleme sürecinde S_1 , S_2 , S_3 , S_4 ve S_5 olarak adlandırdığı basamakları kullanmıştır. Belirli basamaklarda geçişlerin olduğu matematiksel modelleme süreci S_1 basamağı ile başlar ve S_5 basamağı ile biter. Bu basamaklar sırasıyla problemin analizi, matematikselleştirme, modelin çözümü, modelin doğrulanması ve sonuçların yorumlanması basamaklarından oluşmaktadır. Problemin analizinde problem durumu anlamlandırılır, gerçek durumun gereksinim ve sınırlıkları ortaya koyulur. Matematikleştirmede gerçek yaşam durumu formüle edilir, model oluşturulur ve matematiksel yöntemler belirlenir. Modelin çözümü matematiksel işlemlerle elde edilir. Modelin doğrulanmasında çözümler gerçek yaşamla karşılaştırılır, gerektiği durumlarda yeni model veya modeller oluşturulur. Modelin doğrulanması basamağında başarısız olunursa matematikleştirme basamağına geri dönülür. Sonuçların yorumlanması basamağında matematiksel sonuçlar yorumlanır, gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirilir. Aynı şekilde süreçte sonuçların yorumlanması basamağında başarısız olunursa sürecin başına tekrar geri dönmektedir.

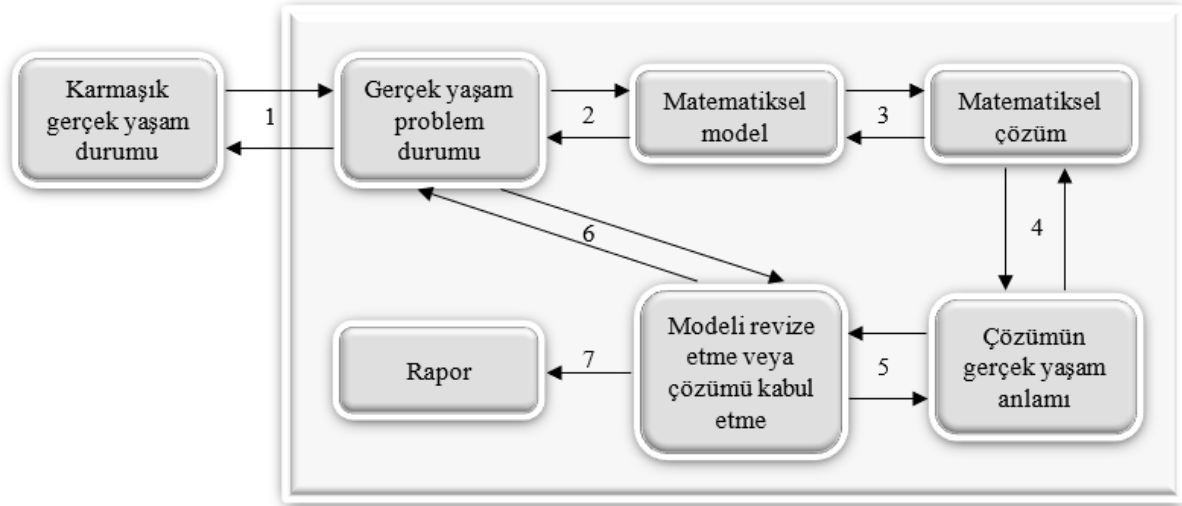


Şekil 2.7. Borromeo Ferri'nin (2006) matematiksel modelleme döngüsü (Ozulu, 2021).

Borromeo Ferri (2006) modelleme döngüsünü bilişsel bir bakış açısı altında gerçek dünyayı ve matematik dünyasını kesin çizgilerle ayırarak yapılandırmıştır. Gerçek dünyadan elde edilen modelden matematik dünyasındaki modele geçiş söz konusudur. Bu geçişlerde ek matematiksel bilgiler kullanılmaktadır. Borromeo Ferri'nin (2006) modelleme döngüsü sıralı bir şekilde 6 basamaktan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla aşağıda belirtilmiştir:

- Problemi anlama
- Problemi basitleştirme ve yapılandırma
- Matematikselleştirme
- Matematiksel çalışma
- Yorumlama
- Doğrulama

Modelleme sürecinde ilk olarak gerçek yaşamdaki durum veya problem anlamlandırılır ve zihinsel gösterimi yapılandırılır. Zihinsel gösterimden gerçek modele veya probleme geçişte matematiksel bilgilerle gerçek durum veya problem sadeleştirilir, yapılandırılır ve çözüm için gerekenler belirlenir. Gerçek model veya problem oluşturulduktan sonra yine matematiksel bilgiler kullanılarak matematikleştirme yapılır ve matematiksel model veya problem oluşturulur. Modelleme yeterlikleri kullanılarak matematiksel model veya problemlerin çözümleri elde edilir, matematiksel sonuçlar ortaya çıkarılır. Matematik dünyasından elde edilen sonuçlar ile gerçek dünyadaki sonuçlar yorumlama basamağında karşılaştırılır. Gerçek sonuçlarla zihinsel gösterimler arasındaki uyum kontrol edilir ve doğrulama yapılır (Borromeo Ferri, 2006).



Şekil 2.8. Matematiksel modelleme süreci (Galbraith ve Stillman, 2006).

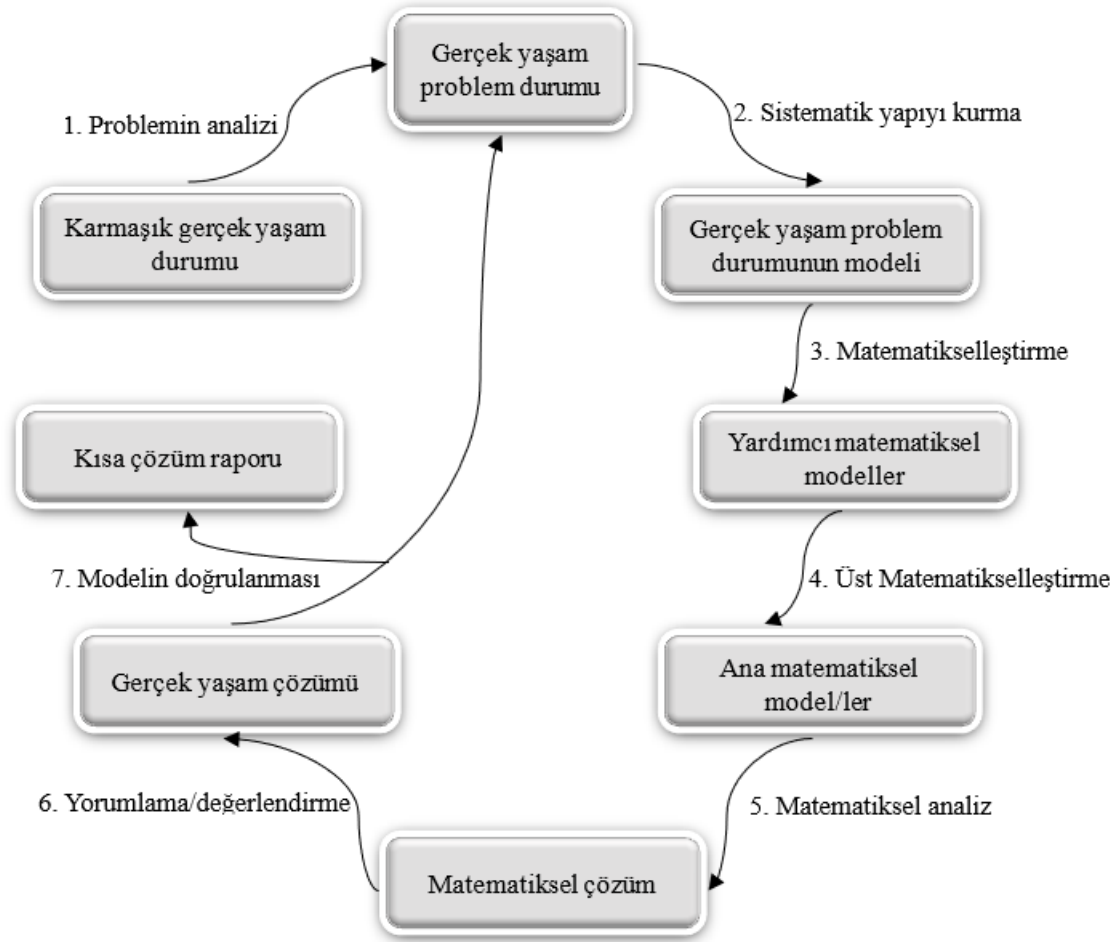
Galbraith ve Stillman'ın (2006) teknoloji destekli matematiksel modelleme süreci 7 temel basamaktan oluşmaktadır. Bunlar: Karmaşık gerçek yaşam durumu, gerçek yaşam problem durumu, matematiksel model, matematiksel çözüm, çözümün gerçek yaşamda anlamı, değerlendirme ve rapor. Süreç döngüsel bir yapıda olup basamaklar arasında geçişler bulunmaktadır. Bu geçişler aşağıda belirtilmiştir:

1. Anlama, yapılandırma, basitleştirme, içeriği yorumlama
2. Varsayımda bulunma, formüle etme, matematikselleştirme
3. Matematiksel çalışma
4. Matematiksel çıktıları yorumlama
5. Birleştirme, eleştirme, doğrulama
6. İletişim, çözümü savunma (eğer model tatmin edici ise)
7. Modelleme sürecinin tekrar edilmesi (eğer model tatmin edici değil ise)

Ural (2018) modelleme sürecinde geçişlerde gerçekleşen bilişsel eylemleri aşağıdaki gibi ifade etmiştir:

1. Karmaşık gerçek yaşam durumundan gerçek yaşam problem durumuna geçişte,
 - Problemin genel durumunu açıklama
 - Basitleştirilmiş kabuller yapma
 - Stratejik etkenleri ve elemanlarını belirleme
2. Gerçek yaşam problem durumundan matematiksel modele geçişte,
 - Cebirsel modelin içereceği bağımlı ve bağımsız değişkenleri saptama

- Elemanları matematiksel olarak kullanılabilir formüllerle ifade etme
 - Bağlantılı varsayımlarda bulunma
 - Hesaplama için matematiksel tabloyu ve teknolojiyi seçme
 - Formül için uygun tekniği seçme
 - Modelin grafiksel gösterimi ve eşitlikleri doğrulamak için uygun teknolojiyi seçme
3. Matematiksel modelden matematiksel çözüme geçişte,
- Uygun formülü kullanma
 - Hesaplama için matematiksel tabloları kullanma
 - Grafikler için teknolojiyi kullanma
 - Teknolojiyi kullanarak cebirsel modeli doğrulama
 - Çözümlerin yorumlanması için sonuçları elde etme
4. Matematiksel çözümden çözümün gerçek dünya anlamına geçişte,
- Matematiksel sonuçların gerçek yaşamdaki karşılıklarını tanımlama
 - Matematiksel sonuçları irdeleme
 - Yorumları doğrulamak için tartışmaları bütünleştirme
 - Yeni bir sonuç elde etmek için önceki sınırlamaları yumuşatma
5. Çözümün gerçek dünyadaki anlamından modeli revize etme veya çözümü kabul etme basamağına geçişte,
- Beklenmedik sonuçlarla gerçek durumu uzlaştırma
 - Matematiksel sonuçların olası gerçek dünya etkilerini dikkate alma
 - Problemin matematiksel ve gerçek dünya yönlerini uzlaştırma
 - Modelin ayrıntılı sonuçlarının gerçek dünya yeterliğini inceleme.



Şekil 2.9. Matematiksel modelleme sürecinin temel yapısı (Hıdıroğlu, 2012).

Hıdıroğlu (2012) çalışmasında teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme sürecindeki zihinsel eylemleri ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Matematiksel modelleme süreci 8 bileşen, bu bileşenler arasında geçişi sağlayan 7 basamak ve bu basamakları açıklayan 47 alt basamaktan oluşmaktadır. Çalışmada matematiksel modelleme problemlerin çözümünde teknoloji olarak GeoGebra yazılımı kullanılmıştır.

Gerçek yaşamda bulunan karmaşıklığın ortadan kaldırılması için problem durumu öğrencilerin kendi cümleleriyle ifade edilir, problem sadeleştirilir ve varsayımlarda bulunulur. Böylece problemin analizi gerçekleştirilmiş olur. Matematiksel kavramlar saptanır, gerçekçi varsayımlarda bulunulur, gerekli veriler belirlenir, sistematik yapı kurulur, çözüm stratejisi belirlenir ve gerçek yaşam durumu matematiksel olarak ifade edilir. Böylece matematiksel dünyaya geçiş sağlanmış olur. Matematikleştirme basamağında, matematiksel olarak ifade edilen gerçek yaşam problemin çözümü için tahmin, değişken, sabit ve parametrelerle birlikte yardımcı matematiksel modeller oluşturulur. Yardımcı matematiksel modeller arasındaki ilişkiler belirlenir. Böylece üst matematikleştirme gerçekleştirilmiş olur ve ana matematiksel

modele ulaşılır. Ana modellerle analizler, hesaplamalar yapılır ve matematiksel çözümlere, sonuçlara ulaşılır. Yorumlama/değerlendirme basamağında, matematiksel dünya sonuçları ile gerçek yaşam arasındaki ilişkinin uygunluğu incelenir, yorumlanır ve değerlendirilir. Modelin doğrulanması basamağında çözümlerin, matematiksel modellerin ve gerçek yaşam durumlarının uyumlu olup olmadığı irdelenir, modelin geçerli olup olmadığına karar verilir. Eğer model istenilen düzeyde ise kısa bir rapor düzenlenir ve süreç sonlanır. Model istenilen düzeyde değilse gerçek yaşam problem durumuna geri dönülür ve süreç tekrar edilir.

2.5. Matematiksel Modelleme Yeterlikleri

Yeterlik, yeterli olma durumu veya bir işi yapabilmek için gerekli özel bilgi, beceri, davranış ve donanıma sahip olma durumu olarak tanımlanmaktadır (Tekin Dede, 2015). Matematiksel modelleme yeterlikleri en temel anlamıyla gerçek yaşam problemlerinin modellenmesi olarak tanımlanmaktadır (Kaiser ve Maaß, 2007). Matematiksel modelleme yeterlikleri modelleme sürecinde gerekli beceri ve yeteneklerdir (Maaß, 2006). Matematiksel modelleme bir süreci gerektirir. Bu süreçte değişkenler ve ilişkiler belirlenir, varsayımlar yapılır, bunlar matematik diline aktarılır, matematiksel problemin çözümü yapılır, sürecin doğruluğu test edilir, olası modeller karşılaştırılır veya analiz edilir, model kontrol edilir. Matematiksel modellemenin yapılabilmesi için sahip olunması gereken bazı yeterlikler vardır (Dost, 2019). Modelleme sürecine bağlı olarak yeterlikler de farklılaşmaktadır. Literatür incelendiğinde farklı yeterliklerin ifade edildiği birçok çalışmaya rastlanmıştır. Araştırmacılardan bazıları matematiksel modelleme yeterliklerini alt yeterlikler olarak açıklamıştır (Blum ve Kaiser, 1997). Maaß (2004) modelleme yeterliklerini aşağıdaki gibi ifade etmiştir:

- Gerçek yaşamda problem durumunu anlama ve gerçek yaşama uygun model oluşturabilme
- Gerçek modelden matematiksel model oluşturabilme
- Matematiksel model yardımıyla matematiksel problemi çözebilme
- Matematiksel çözümü gerçek problem durumunda yorumlayabilme
- Çözümü doğrulayabilme

Başka bir çalışmada (Kaiser ve Schwarz, 2006) matematiksel modelleme yeterlikleri aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

- Gerçek yaşam problemlerini matematiksel olarak ifade etme ve çözebilme

- Modelleme sürecinde üst bilişi kullanarak düşünebilme
- Gerçek hayat ve matematik arasındaki ilişkiyi anlayabilme
- Matematiğin bir süreç olduğunu anlayabilme
- Matematiksel modellemenin özelliklerini bilme
- Grupla çalışabilme
- Matematiksel olarak iletişim kurabilme

Borromeo Ferri (2010) matematiksel modelleme sürecinin bilişsel bir boyutunun olduğunu ifade etmiş ve bilişsel modelleme yeterliklerini aşağıdaki gibi açıklamıştır:

- Problemi anlama
- Problemi sadeleştirme
- Problemi matematikleştirme
- Matematiksel çözüm yapma
- Yorumlama
- Doğrulama

Blum ve Kaiser (1997) matematiksel modelleme yeterlikleri kapsamında ele aldığı alt becerileri ve bileşenlerini aşağıdaki gibi açıklamıştır:

- Gerçek yaşamdaki problemi anlama ve model kurma becerisi
 - Varsayımlar yapma ve durumu sadeleştirme
 - Değişkenleri belirleme
 - Değişkenler arasındaki ilişkileri belirleme
 - Uygun bilgileri belirleme, gerekli ve gereksiz bilgileri ayırt etme
- Gerçek modeli kullanarak matematiksel model oluşturma becerisi
 - Nicelikler arasındaki ilişkileri matematikleştirme
 - Nicelikleri ve ilişkilerini basitleştirme, nicelikler ve arasındaki ilişkilerin karmaşıklığını azaltma
 - Uygun matematiksel ifadeyi seçme ve durumu grafiksel olarak gösterme
- Matematiksel modeldeki sorunları çözebilme becerisi
 - Problemi parçalara ayırma, problemin benzerini oluşturma, problemi başka bir şekilde ifade etme, probleme farklı açılardan bakma, nicelikleri ve verileri kullanma

- Problemin çözümünde matematiksel bilgiyi kullanma
- Matematiksel sonuçları gerçek yaşamda yorumlama becerisi
 - Matematiksel sonuçları başka bağlamlarda yorumlama
 - Bir durumdan elde edilen sonuçları genelleme
 - Problemin çözümünde uygun matematiksel dili kullanarak çözümü inceleyebilme
- Çözümün geçerliliğini inceleme becerisi
 - Elde edilen sonucu eleştirel bir şekilde kontrol etme
 - Çözümü uygun olmayan modeli yeniden inceleme, süreci tekrar gözden geçirme ve değişiklikleri yapma
 - Problemin başka bir çözümünün olup olmadığı üzerinde düşünme
 - Modeli genel olarak sorgulama

Bukova Güzel (2021) literatürü ayrıntılı bir şekilde inceledikten sonra matematiksel modelleme yeterliklerini aşağıdaki gibi özetlemiştir:

- Bilişsel modelleme yeterlikleri
 - Problemi anlama
 - Problemi sadeleştirme
 - Matematikleştirme
 - Matematiksel çalışma
 - Yorumlama
 - Doğrulama
- Üst bilişsel modelleme yeterlikleri
 - Modelleme sürecini bilme
 - Etkinlikleri planlama
 - Kontrol etme ve doğrulama
 - Çözümü değerlendirme
 - Gerçek yaşam problemleri oluşturma
- Modelleme sürecindeki duyuşsal yeterlikler
 - İnançlar
 - Motivasyon
- Modelleme sürecindeki sosyal yeterlikler

- Grupla çalışma
- Matematiksel iletişim kurma
- Tartışma
- Sunum

2.6. Matematiksel Modelleme Etkinlikleri

Matematiksel modelleme etkinlikleri ilgili literatürde karşımıza modelleme etkinliği, modelleme aktivitesi, modelleme uygulaması, modelleme problemleri, model oluşturma vb. olarak çıkmaktadır (Bukova Güzel, 2006). Lesh ve Doerr (2003) model oluşturmaya anlam bakımından model ve modelleme kelimelerinin birleşmesiyle oluşan bir kavram olarak tanımlamışlardır (Kertil, 2008).

Matematiksel modelleme etkinlikleri en genel anlamıyla bağlamını gerçek dünyadan alan, çözüm için gerekli olan modelin matematiksel bir dille ifade edildiği problem durumları olarak tanımlanabilir (Dost, 2019). Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme etkinlikleri öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini matematiksel olarak ifade ettiği, çözdüğü, değerlendirdiği ve gerçek yaşamdan çıkarım yaptığı bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Lesh ve Doerr, 2003).

Matematik eğitiminde matematiksel modelleme etkinlikleri iyi kurgulanmış problemler olarak ifade edilmektedir (Chamberlin ve Moon, 2005). Matematiksel modelleme etkinlikleri problem çözme ile yakından ilgilidir. Matematiksel modelleme etkinliklerinde geleneksel problemler yerine rutin olmayan problemler kullanılmaktadır. Bu problemler mümkün olduğunca açık uçlu olmalı, tek bir çözümü olmamalı ve öğrencilere farklı düşünme olanakları sağlamalıdır (Fox, 2006). Ayrıca etkinliklerde kullanılan problemler öğrencilerin dikkatini çekmelidir.

Matematiksel modelleme etkinliklerinde öğrencilerin gerçek yaşam durumlarını anlamlandırması, matematiksel dili kullanması, verileri analiz etmesi, verilen bilgilerle çözümü gerçekleştirilmesi ve bu çözümü gerçek yaşam durumu ile ilişkilendirmesi gerekmektedir. Mousoulides (2009) derslerde etkinliğin ve öğretim stratejilerin uygun seçilmesi, öğrencilerin modelleme ve üst bilişsel becerilerinin geliştirilmesi, gereken durumlarda teknolojinin kullanılması gibi hususlara dikkat edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Matematiksel modelleme etkinliklerinde gruba uygun etkinliğin seçimi, planlanması, uygulanması, uygulayıcıların ve öğrencilerin etkinliklerdeki görevleri önemlidir. Bu bağlamda bazı araştırmacılar etkinliklerde

dikkat edilmesi gerekenleri detaylandırmıştır. Maaß (2006) modelleme etkinliklerinde önemli gördüğü noktaları aşağıda belirtmiştir:

- Modelleme etkinliğinin hangi konu veya öğrenme alanı ile ilgili olduğu
- Modelleme etkinliğinin amacı
- Modelleme etkinliğinin öğretim programı içerisindeki yeri
- Etkinliğin açık uçlu olma durumu
- Gerçek yaşamla ne kadar ilişkili olduğu
- Öğrencilerin modelleme deneyimleri
- Modelleme etkinliğinin yararları
- Modelleme etkinliğinde kullanılan format

Bukova Güzel (2021) modelleme etkinliğinde dikkat edilmesi gerekenleri aşağıdaki gibi özetlemiştir:

- Modelleme etkinliği açık ve net olmalı, öğrenciler tarafından anlaşılmalı
- Açık uçlu sorulardan oluşmalı
- Gerçek yaşamda anlamlı olmalı
- Gerektiği durumlarda görsel araçlarla desteklenmeli
- Farklı çözüm yollarını barındırmalı
- Gerektiği durumlarda bireysel veya grupla uygulanabilmeli
- Öğrencilerin dikkatini çekmeli
- Öğrencilerin seviyesine uygun olmalı

Lesh ve ark. (2000) matematiksel modelleme etkinliğinde bulunması gereken prensipleri gerçeklik prensibi, model oluşturma prensibi, öz değerlendirme prensibi, model dokümantasyon prensibi, model genelleme prensibi, etkili prototip prensibi olarak sıralamıştır. Bu prensipler aşağıda açıklanmıştır:

- Gerçeklik prensibi, etkinlikte verilen problemin öğrencilerin gerçek yaşamda karşılaşma ihtimalinin olması durumunu ifade eder. Etkinlikler gerçek veya gerçeğe yakın olarak tasarlanmalıdır. Öğrenciler etkinliğin gerçek yaşamdaki bir ihtiyaçtan doğduğunu, etkinlikte bilgi ve deneyimlerini kullanarak model oluşturabileceklerini, modelin gerçek bir problemi çözeceğini düşünmelidir. Bu prensip etkinliklerde bulunması gereken en temel prensiptir.

- Model oluşturma prensibi, gerçek yaşamda karşılaşılan problem durumunu çözmek için model veya modellerin kullanılması gerektiğini ifade eder. Bu prensibe göre modelleme etkinliklerinde asıl amacının problemin çözümü veya sonucun bulunması değil aynı zamanda çözüme veya sonuca ulaşılmasını sağlayan modelin oluşturulmasıdır.
- Öz değerlendirme prensibi, öğretmenin yönlendirmesi olmadan etkinliği öğrencilerin kendi kendine değerlendirmesini ifade eder. Öğrenciler çözümlerini gözden geçirmeli, alternatif yolları düşünebilmeli, çözümlerinden emin olmalı, çözümlerini kontrol edebilmeli, düşüncelerini ifade edebilmeli ve bunları organize edebilmelidir.
- Yapı belgelendirme prensibi etkinlikte kullanılan varsayımların, matematiksel çözümlerin, yorumların vb. düşüncelerin anlaşılır ifadelerle açıklanması ve rapor haline getirilmesini ifade eder.
- Model genelleme prensibi, etkinlikte oluşturulan modelin benzer veya farklı durumlarda kullanabilmesini ifade eder. Bu prensipte oluşturulan model sadece özel bir durumda kullanılmamalı, tam tersine farklı durumlar ve amaçlar için kullanabilmeli ve genellenebilmelidir.
- Etkili prototip prensibi, modelin benzer durumlar için kullanışlı bir prototip olup olmadığını ifade eder. Model başkaları tarafından kullanabilmeli ve uygulanabilmelidir.

2.7. İlgili Araştırmalar

Karacı Yaşa ve Karataş (2018) matematiksel modellemeye dayalı öğretimin matematik öğretmeni adaylarının performansına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada karma yöntem kullanılmıştır. Çalışmanın katılımcılarını 24 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Uygulama, her hafta 2 matematiksel modelleme problemi ve haftada 3 ders saati olmak üzere 1 dönem boyunca sürmüştür. Matematiksel modelleme problemleri türev, limit, diziler, seriler, fonksiyon, grafik, trigonometri ve geometrik cisimler konularını içermektedir. Çalışma sonucunda uygulamanın öğretmen adaylarının performansını artırdığı görülmüştür.

Kabadaş ve Yavuz Mumcu (2022) cebir öğrenme alanında matematiksel modellerin kullanıldığı ve örneklemini 6. sınıf öğrencilerinin oluşturduğu bir öğretim gerçekleştirmişlerdir. Öğretimin öğrenme düzeyi ve kalıcılığına etkisini araştırmışlardır. Öğretim 2 hafta sürmüştür.

Çalışmanın sonucunda model kullanma etkinliklerinin öğrencilerin öğrenme düzeyini ve kalıcılığını etkilediği görülmüştür.

Koç (2022) matematiksel modelleme eğitiminin öğrencilerin problem çözme becerisi ve tutumuna etkisini araştırmıştır. Çalışmanın örneklemini 12 sınıf öğretmen adayı oluşturmuştur. Çalışmada tek grup deneysel desen kullanılmıştır. Matematiksel modelleme eğitimi 6 hafta sürmüştür. Çalışma sonucunda matematiksel modelleme eğitiminin sınıf öğretmeni adaylarının becerilerini olumlu etkilediği ancak tutumunu etkilemediği görülmüştür.

Tezer ve Cumhuri (2017) 5E öğretim modelinin ve matematiksel modelleme uygulamalarının öğrencilerin başarısına, problem çözme becerisi ve görüşlerine etkisini incelemiştir. Deney gruplarından birine 5E öğretim modeli, diğerine matematiksel modelleme yöntemi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda deney gruplarında gerçekleştirilen öğretimin öğrencilerin başarılarını artırdığı görülmüştür.

Armutcu ve Bal (2022) STEM ile ilgili matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerin matematik başarısı ve matematik okuryazarlığına etkisini incelemiştir. 8. sınıf öğrencilerinin katıldığı bu çalışma matematik uygulamaları dersinde yürütülmüştür. Matematiksel modelleme etkinlikleri problemler şeklinde uygulanmış ve 12 hafta sürmüştür. Çalışma sonucunda başarısının ve öğrencilerin matematik okuryazarlık düzeylerinin arttığı tespit edilmiştir.

Yıldırım ve Işık (2015) matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin başarısına etkisini incelemiştir. Çalışma ölçme konusunda 5. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Öğretim deney grubu öğrencilerinde matematiksel modelleme etkinliklerine göre, kontrol grubunda mevcut programa göre yürütülmüştür. Çalışmanın sonucunda deney grubunda gerçekleştirilen öğretimin daha etkili olduğu görülmüştür.

Aydoğdu ve Tutak (2018) matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin matematik başarısı ve tutumuna etkisini incelemiştir. Deney grubunda matematiksel modelleme etkinlikleri, kontrol grubunda mevcut program uygulanmıştır. Çalışma grubu 8. sınıf öğrencilerinden oluşmuştur. Çalışmada ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Analizler sonucunda deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başarı ve tutum puanları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Muşlu ve Çiltaş (2016) matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına etkisini incelemiştir. Çalışmanın örneklemini 5. sınıf öğrencileri oluşturmuştur. Doğal sayılarla işlemler konusu deney grubunda günlük hayat problemleri, kontrol grubunda mevcut program kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Kurtuluş Kayan (2019) 7. sınıf yüzdeler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme etkinliklerini kullanmıştır. Çalışmasında matematiksel modelleme etkinlikleri ile öğretimin öğrencilerin başarısı ve matematiği günlük hayatla ilişkilendirme becerisine etkisini incelemiştir. Kontrol grubu öğrencilerine geleneksel öğretim yöntemi, deney grubu öğrencilerine matematiksel modelleme etkinlikleri uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda deney grubundaki öğrencilerin başarısının arttığı ve matematiği günlük hayatla ilişkilendirdikleri görülmüştür.

Delikanlı (2019) çalışmasında matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanıldığı öğretimin öğrencilerin matematik başarısı, tutumu ve kalıcılığına etkisini araştırmıştır. Deney gruplarına doğal sayılar konusunu içeren matematiksel modelleme etkinlikleri, kontrol gruplarına geleneksel öğretim yöntemleri uygulanmıştır. Matematiksel modelleme etkinlikleriyle öğretimin matematik başarısı ve kalıcılığına etkisi deney grupları lehine anlamlı bulunmuştur.

Kaya (2019) matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin başarı ve kalıcılığına etkisini araştırmıştır. Kesirlerle işlemler konusunun öğretiminde matematiksel modellemeyi kullanmıştır. Örneklemini 6. sınıf öğrencilerinden oluşturmaktadır. Deney grubundaki öğrencilere matematiksel modelleme ile öğretim, kontrol grubu öğrencilerine geleneksel öğretim uygulanmıştır. Çalışma sonucunda matematiksel modelleme etkinliklerinin kullanıldığı öğretimin başarıya ve öğrenmenin kalıcılığına olumlu yönde etkisinin olduğu görülmüştür.

Kurt (2019) matematiksel modelleme problemleri ile öğretim gerçekleştirmiştir. Çalışmasında öğretimin öğrencilerin matematik başarısı, geometriye yönelik öz-yeterlikleri ve tutumuna etkisini incelemiştir. Dersler, deney grubunda matematiksel modelleme problemleri ile yürütülürken kontrol grubunda geleneksel programa göre yürütülmüştür. Matematiksel modelleme problemlerinin öğrencilerin başarısı, geometriye yönelik öz-yeterlikleri ve tutumuna etkisi deney grupları lehine anlamlı bulunmuştur.

Pazarcı Çelenk (2019) matematiksel modelleme yoluyla öğretimin başarı ve kalıcılığa etkisi ile öğretmenlerin matematiksel modelleme hakkındaki görüşlerini incelemiştir. Katılımcılarını 7. sınıf öğrencilerinin oluşturduğu çalışmanın konusu oran ve orantıdır. Deney grubu öğrencilerine matematiksel modelleme etkinlikleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda matematiksel modelleme yoluyla öğretimin geleneksel yöntemle göre daha etkili olduğu görülmüştür.

Perk (2019) matematiksel modelleme ile öğretimin lise öğrencilerinin başarısına etkisini incelemiştir. Fonksiyonlar konusu kontrol grubunda geleneksel öğretimle, deney grubunda matematiksel modellemeyle gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin başarısını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Cinislioğlu (2017) matematiksel modelleme yöntemin öğrencilerin başarısına etkisini araştırmıştır. 7. sınıf doğrusal denklemler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme etkinlikleri kullanılmıştır. Deney grubunda dersler matematiksel modelleme etkinlikleri ile yürütürken kontrol grubunda mevcut programa göre yürütülmüştür. Her iki grubun da başarısı artarken bu artışın deney grubu lehine anlamlı olduğu görülmüştür.

Yiğit (2022) matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme becerisi, motivasyon ve tutumuna etkisini araştırmıştır. Çalışma grubu kırsal kesimde öğrenim gören 5. sınıf öğrencileridir. Analiz sonucunda öğrencilerin problem çözme becerisi, motivasyon ve tutum ile ilgili ön test ve son test puanları arasında anlamlı farklılıkların olmadığı görülmüştür.

Bakırcı (2016) matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin PISA matematik başarısına etkisini araştırmıştır. Uygulamalar 7. sınıf matematik uygulamaları dersinde gerçekleştirmiştir. Deney grubunda matematiksel modelleme etkinlikleri, kontrol grubunda mevcut program uygulanmıştır. Çalışma sonucunda her iki grubun da başarısının arttığı ve bu artışın deney grubunda daha yüksek olduğu görülmüştür.

Dışbudak (2014) matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerinin başarısı ve matematiğe karşı tutumuna etkisini incelemiştir. Çalışma, 6. sınıf öğrencilerinin bulunduğu iki grupta gerçekleştirilmiştir. Dersler, deney grubunda model oluşturma etkinlikleri ile yürütülürken kontrol grubunda mevcut programa göre yürütülmüştür. Grupların başarılarında anlamlı bir fark bulunmazken matematiğe karşı tutumlarında deney grubu lehine anlamlı bir fark bulunmuştur.

Alkan (2019) matematiksel modelleme etkinlikleri ile öğretimin öğrencilerin matematiksel modelleme yeterliğine ve okuduğunu anlama becerisine etkisini araştırmıştır. Ayrıca öğrencilerin okuduğunu anlama becerisi ile matematiksel modelleme yeterliği arasındaki ilişki belirlenmiştir. 7. sınıf öğrencilerine matematiksel modelleme etkinlikleri 7 hafta boyunca uygulanmıştır. Çalışma sonucunda öğretimin öğrencilerin okuduğunu anlama becerisini ve matematiksel modelleme yeterliğini olumlu yönde etkilediği, ilişkinin pozitif yön ve yüksek düzeyde olduğu görülmüştür.

Zihar (2018) üslû ifadeler konusunun öğretiminde matematiksel modellemeyi kullanmıştır. Matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin başarısı, ilgisi ve kalıcılığına etkisini araştırmıştır. Çalışma eylem planı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu 8. sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Çalışma sonucunda matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin başarısını, ilgisini ve kalıcılığını artırdığı görülmüştür.

Özdemir ve Işık (2015) öğretmenlerin matematiksel model ve matematiksel modelleme etkinlikleri ile ilgili görüşlerini incelemişlerdir. Çalışmanın katılımcılarını 10 ortaokul matematik öğretmeni oluşturmaktadır. Çalışmada görüşme tekniği kullanılmıştır. Çalışma sonucunda öğretmenlerin katı cisimlerin alan ve hacminin öğretiminde matematiksel modelleri kullandıkları ancak matematiksel modelleme etkinliklerine yer vermedikleri görülmüştür.

Kim ve Kim (2010) matematiksel modelleme uygulamaların öğrencilerin yaratıcılıkları ile kendi kendine öğrenme tutumu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın katılımcıları Kore’de bir üniversite öğrenim gören üstün yetenekli öğrencilerdir. Öğrencilere farklı konular içeren 2 matematiksel modelleme problemi uygulanmıştır. Çalışma 6 ay sürmüştür. Analiz sonucunda deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Sokolowski (2015b) matematiksel modelleme uygulamalarının kullanıldığı deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Uygulamada cebir konusu içeren modelleme etkinlikleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin birçoğunun uygulamadan önce konu ile ilgili yanlış ön yargılara sahip olduğu, uygulamadan sonra yanlış olan bu ön yargılar üzerinde doğru bir şekilde düşünmeye başladıkları görülmüştür.

Mousoulides ve ark. (2008) öğrencilerin modelleme süreçlerini ve modelleme problemlerini çözme becerilerinin zaman içinde nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Çalışmada deney ve kontrol grubu olmak üzere iki grup bulunmaktadır. Deney grubundaki öğrencilerin

modelleme süreçleri modelleme etkinlikleri ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda deney grubundaki öğrencilerin modelleme becerilerinin geliştiği görülmüştür.

Freeman (2014) matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin fonksiyonlar konusundaki anlamalarına etkisini incelemiştir. Ayrıca öğrencilerin inançları ve bilişleri de incelenmiştir. Çalışmanın katılımcılarını üniversite öğrencileri oluşturmaktadır. Karma yöntemin kullanıldığı çalışmada nicel veriler ön test ve son testlerden elde edilmiştir. Çalışma sonucunda matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin kavramsal ve işlemsel bilgisini önemli bir şekilde etkilemediği, inançları ile ilgili kesin sonuçların bulunmadığı ve modelleme problemlerini çözerken zorlandıkları ifade edilmiştir.

Ellington (2005) matematiksel modellemeye dayalı öğretimin öğrencilerin başarısına etkisini incelemiştir. Çalışma grubunu üniversite öğrencileri oluşturmuştur. Kontrol grubunda dersler mevcut programa göre, deney grubunda matematiksel modellemeye göre yürütülmüştür. Çalışma sonucunda deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı oldukları görülmüştür.

Betanga (2018) matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin performansı ve tutumuna etkisini incelemiştir. Uygulama, cebir dersinde ve üniversite öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma 5 hafta sürmüştür. Analiz sonucunda deney ve kontrol grupları performans ve tutum puanları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Çalışma sonucunda matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin performansı ve tutumlarına olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür.

Nourallah ve Farzad (2012) matematiksel modelleme yoluyla öğretimin öğrencilerin problem çözme becerisine etkisini incelemiştir. Çalışmanın katılımcıları İran'da bir üniversitede öğrenim gören kadın öğrencilerdir. Deney grubunda matematiksel modelleme problemleri, kontrol grubunda mevcut program uygulanmıştır. 15 oturum süren uygulama sonunda ön test ve son test puanları analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda matematiksel modelleme yoluyla öğretimin öğrencilerin problem çözme becerilerini olumlu etkilediği görülmüştür.

Stohlmann (2017) ortaokul öğrencilerinin geometri ile ilgili matematiksel modelleme etkinliğindeki anlamalarını ve becerilerini incelemiştir. Öğrenciler STEM programına alınmış ve 4'er kişilik gruplara ayrılmıştır. Veriler ses kayıtları ve çalışma kağıtlarından elde edilmiştir.

Çalışmanın sonucunda öğrencilerin modellemede basit düzeyde matematik kullandıkları, iletişim ve grup çalışması becerilerinin geliştiği görülmüştür.

Zubi ve ark. (2019) matematikte zorlanan öğrencilerin modelleme etkinliklerindeki performanslarını, yeterliklerini ve zamanla bilgilerindeki değişimi incelemişlerdir. Çalışma, performansı düşük ve gruplara ayrılmış 5. sınıf 23 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Uygulama 12 modelleme etkinliği ile 8 ay sürmüştür. Karma yöntemin kullanıldığı çalışmanın verileri kavramsal bilgileri ölçen testler ve modelleme etkinliklerinden elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda matematikte zorlanan öğrencilerin matematiksel bilgilerini artırdıkları ve modelleme yeterliklerini geliştirdikleri tespit edilmiştir.

Voskoglou ve Buckley (2012) bilgisayar kullanımının matematiksel modelleme problemlerinin çözümündeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma iki grupta toplam 90 kişi ile yürütülmüştür. Çalışma sonucunda bilgisayar kullanan grubun kullanmayan gruba göre anlamlı düzeyde başarılı olduğu belirlenmiştir. Bilgisayar kullanımının öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirdiğini ve işlemsel düşünmede önemli bir yerinin olduğunu ifade etmişlerdir.

Sokolowski (2015a) matematiksel modellemenin öğrencilerin başarılarına etkisinin olup olmadığını araştırmıştır. Deneysel çalışmaları kapsayan bir meta-analiz çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışma 2000-2013 yılları arasında hakemli dergilerde yayımlanan 13 bireysel çalışmayı ve 1670 örneklem büyüklüğünü kapsamaktadır. Çalışmaların ortalama etki büyüklüğü 0,690 (SE=0,050; %95 CI: 0,590-0,790) ile orta düzeyde bulunmuştur. Çeşitli değişkenlere göre moderatör analizler gerçekleştirilmiştir. Etki büyüklükleri matematiksel modellemenin uygulanma şekline, öğretim kademesine ve konuya göre farklılaşmaktadır.

Uysal (2021) matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına, ders tutumuna ve modelleme yeterliklerine etkisini inceleyen bir meta-analiz çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışma matematik ve fen bilimleri alanlarındaki deneysel çalışmaları kapsamaktadır. 23 çalışmanın başarıya göre ortalama etki büyüklüğü 0,976 ile geniş düzeyde, 6 çalışmanın tutuma göre ortalama etki büyüklüğü 0,520 ile orta düzeyde ve 7 çalışmanın yeterliğe göre ortalama etki büyüklüğü 1,453 ile olağanüstü düzeyde bulunmuştur. Çalışmasında başarı ile ilgili öğretim kademesi, ders türü, araştırma yöntemi, araştırma deseni, test türü, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü moderatör analizleri gerçekleştirmiştir. Çalışma sayılarının azlığı nedeniyle ders tutumu ve modelleme yeterlikleri ile ilgili herhangi bir moderatör analiz gerçekleştirilmemiştir.

Matematiksel modelleme ile ilgili çalışmalar incelendiğinde yurt dışındaki çalışmalara Türkiye’den daha önce başladığı ve bu çalışmaların sayısının Türkiye’dekine benzer şekilde son yıllarda arttığı görülmüştür. Araştırma yöntemi nicel olan çalışmaların çoğunda desen olarak yarı deneysel desen kullanılmış, analizlerinde parametrik testler tercih edilmiştir. Konu ile ilgili lisansüstü tezlerin ve uygulaması Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmaların sayıca fazlalığı göze çarpmaktadır. Çalışmalar genellikle ortaokul ve üniversite öğretim kademesi öğrenci gruplarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmalardaki matematiksel modelleme etkinlikleri ile problemlerin konusu değişkenlik göstermektedir. Uygulama süreleri yurt dışı çalışmalarda çoğunlukla oturma, dönem gibi süreksiz değişkenlerle, yurt içi çalışmalarda ders saati, dakika, hafta gibi sürekli değişkenlerle ifade edilmiştir. Örneklemi çok büyük çalışmalar bulunmamaktadır. Çalışmaların çoğunluğunda başarı ve tutum bağımlı değişkenleri kullanılmıştır.

Matematiksel modelleme ile ilgili meta-analiz çalışmaları incelendiğinde yurt dışındaki çalışmanın 2015, yurt içindeki çalışmanın 2021 yılında yayımlandığı görülmektedir. Sokolowski’nin (2015a) çalışması makale, Uysal’ın (2021) çalışması yüksek lisans tezi türündedir. Sokolowski (2015a) çalışmasında matematiksel modellemenin başarıya etkisini 0,690 etki büyüklüğü ile orta düzey olarak bulmuştur. Çalışması modellemenin uygulama şekli moderatörü ile bu araştırmadan farklıdır. Uysal (2021) matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına, ders tutumuna ve modelleme yeterliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmasında matematiksel modellemenin öğrencilerin başarıya etkisi 0,976 etki büyüklüğü ile geniş düzeyde, ders tutumuna etkisi 0,520 etki büyüklüğü ile orta düzeyde ve modelleme yeterliklerine etkisi 1,453 etki büyüklüğü ile olağanüstü düzeyde bulunmuştur. Çalışması ders türü, araştırma yöntemi ve test türü moderatörleriyle bu araştırmadan farklıdır. Çalışma fen bilimleri ve matematik alanlarını içeren farklı disiplinlerde gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 3

3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın modeli, verilerin toplanması, verilerin analizi ile ilgili başlıklara ve alt başlıklarına yer verilmiştir.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisini belirlemek amacıyla meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca bu yöntemi kullanarak matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisini değiştirebileceği düşünülen çeşitli çalışma karakteristiklerine göre çalışmalar arasındaki farklılıklar saptanmaya çalışılmıştır.

Literatürde farklı meta-analiz tanımlarına yer verilmiştir. Olkin (1999), meta-analizi bireysel çalışma sonuçlarının bir veya birden çok istatistiksel yöntemin kullanılmasıyla birleştirilen bir analiz tekniği olarak ifade etmiştir. Rudy (2001), araştırma sonuçlarının ortak bir ölçü birimine dönüştürülmesi, karşılaştırılması ve istatistiksel yöntemlerle etki büyüklüklerinin belirlenmesi süreci olarak tanımlamıştır. Cohen ve ark. (2000), çalışma sonuçlarını tutarlı ve birbiriyle uyumlu bir şekilde bir araya getiren analizlerin analizi şeklinde ifade etmişlerdir. Dinçer (2021), meta-analiz yöntemini bir konu hakkında benzer birbirinden bağımsız çalışma sonuçlarının önceden belirlenmiş kriterler çerçevesinde birleştirilmesi ve yorumlanması olarak tanımlamıştır.

Tanımlardan anlaşıldığı üzere meta-analiz yönteminin bir süreç içerdiği açıktır. Durlak (1998) meta-analiz çalışmalarında standart bir sürecin olmadığını, amaca göre farklı adımların izlenebileceğini dile getirmiştir. Meta-analiz için tamamlanması gereken 5 temel basamağı şu şekilde ifade etmiştir: Araştırma probleminin belirlenmesi, literatürün taranması, çalışmaların kodlanması, istatistiksel analizlerin yapılması, sonuçlar, yorumlar (Durlak, 2003). Meta-analizde kullanılan adımları gösteren başka bir süreç Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Meta-analiz süreci (Dinçer, 2021).

Bu araştırmada sırasıyla araştırma konusunun belirlenmesi, problemlerin belirlenmesi, literatür taraması, çalışmaların belirlenmesi, dâhil edilme ve hariç tutma kriterlerinin belirlenmesi, kodlama ve güvenilirlik, yayın yanlılığının kontrolü, çalışmaların etki büyüklüklerinin hesaplanması, heterojenlik testi, modelin seçimi, ortalama etki büyüklüklerinin hesaplanması, moderatör analizler, yorumlama ve raporlama adımları takip edilmiştir.

3.2. Verilerin Toplanması

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisini inceleyen yurt içinde ve yurt dışında yayımlanmış makaleler, yüksek lisans ve doktora tezleri araştırmanın temel veri kaynağını oluşturmaktadır. Literatür taraması sonucunda araştırma konusu ile ilgili yayımlanmış makale, yüksek lisans ve doktora tezleri ile birlikte bildirilere de ulaşılmıştır. Bildirilerin tamamı ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve birçoğunun moderatörlerle birlikte meta-analiz için gerekli verileri barındırmadığı belirlenmiştir. Ayrıca araştırma konusu ile ilgili özellikle yurt içinde yayımlanan birçok makalenin tezlerden üretildiği de görülmüştür. Bu şekilde belirlenen makaleler ve bildirilerin tamamı araştırma kapsamı dışında bırakılmıştır.

3.2.1. Taramada kullanılan anahtar sözcükler

Tarama, yurt içi ve yurt dışında yayımlanan matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisini inceleyen çalışmalara ulaşmak için Türkçe ve İngilizce anahtar sözcükler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Taramada *matematiksel modelleme*, *başarı* ve *tutum* ile İngilizce karşılıkları olan *mathematical modeling*, *achievement* ve *attitude* anahtar sözcükleri kullanılmıştır. Tarama yapılırken anahtar sözcüklerin farklı

kombinasyonları ve Boolean operatörleri kullanılmıştır. Örneğin, yurt dışı çalışmaların bazılarında *modeling* kelimesinin *modelling* biçiminde kullanımı nedeniyle uluslararası veri tabanlarında tarama yapılırken *mathematical modeling* anahtar sözcükleri *math* model** biçiminde kullanılmıştır.

3.2.2. Tarama yapılan kaynaklar

Araştırma konusu ile ilgili olabildiğince çok çalışmaya ulaşmak için farklı tarama kaynakları kullanılmıştır. Bunlar: Yüksek Öğretim Kurumu Başkanlığı (YÖK) Ulusal Tez Merkezi, ULAKBİM-DergiPark Akademik, Google Akademik, ProQuest Dissertations & Theses, Web of Science (WOS), Scopus ve ERIC'tir. Türkçe yayımlanan çalışmalara ulaşmak için YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanı, ULAKBİM-Dergipark Akademik veri tabanı ve Google Akademik arama motoru kullanılmıştır. Yurt dışında yayımlanan çalışmalara ulaşmak için ProQuest Dissertations & Theses, ERIC, Web of Science (WOS) Core Collection ve Scopus veri tabanları kullanılmıştır. Veri eksikliği gibi nedenlerden dolayı çalışmaların izinli ve tam metin şeklinde yayımlanmış olmasına dikkat edilmiştir.

3.2.3. Dâhil edilme kriterleri

Araştırmada kullanılan dâhil edilme kriterleri aşağıda belirtilmiştir:

- Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisini inceleyen çalışmalar olması.
- 2000-2022 yılları arasında yayımlanmış erişime açık, izinli ulusal ve uluslararası alanda yayımlanmış tam metinli çalışmalar olması.
- Çalışmaların belirlenen anahtar kelimeleri içermesi ve belirlenen tarama kaynaklarında bulunması.
- Çalışmaların Türkçe veya İngilizce dillerinden birinde yazılmış olması.
- Çalışmaların lisansüstü tez veya makale türünde olması.
- Çalışmaların deneysel desen içermesi.
- Çalışmaların etki büyüklüğü değerini hesaplamayı sağlayan veriler içermesi.

3.2.4. Hariç tutma kriterleri

Bir çalışma dâhil edilme kriterlerini sağlamıyorsa veya araştırmanın sınırlılıkları dışında yer alıyorsa meta-analizde kullanılmaz (Petitti, 2000). Bu nedenle dâhil edilme kriterlerini içermeyen çalışmalar meta-analize alınmamıştır. Araştırmanın hariç tutma kriterleri aşağıda açıklanmıştır:

- Çalışmaların katılımcılarına müdahale yöntemi olarak matematiksel modelleme ile öğretimin yapılmamış ve matematik başarı veya tutuma etkisinin incelenmemiş olması.
- Çalışmaların meta-analiz için gerekli istatistiksel verileri içermemesi.
- Yazarın/ların tez veya tezden üretilen makale yayınlarında uygun verilere sahip olan sadece bir yayını meta-analize alınmıştır. Bu durumla karşılaşıldığında tezlerin daha ayrıntılı veriler içermesi nedeniyle tezler meta-analize alınmış, diğer yayın kapsam dışı bırakılmıştır.
- Veri eksikliği gibi nedenlerden dolayı bildirilerin tamamı ve projeler kapsam dışı bırakılmıştır.
- İzinli veya tam metin olarak yayımlanmayan çalışmaların çoğunda meta-analiz için gerekli veriler özetinde yer almamaktadır. Bu nedenle izinli veya tam metin olmayan yayınlar kapsam dışı bırakılmıştır.
- 2000-2022 yılları arasında yayımlanmayan çalışmalar meta-analize alınmamıştır. NCTM'nin 2000 yılında yayınladığı raporunda matematiksel modellemeye önceki raporlarına göre daha çok önem vermesi, uluslararası alanda kapsamlı çalışmaların 2000'li yıllardan itibaren detaylandırılmaya başlanması, Türkiye'de matematiksel modellemenin ilk kez 2005 matematik dersi öğretim programında yer alması ve araştırma konusu ile ilgili lisansüstü tezlerin 2005 yılından itibaren yayımlanmaya başlanması nedenlerinden dolayı 2000 yılı öncesi çalışmalar meta-analize alınmamıştır.
- Araştırmaya dâhil edilebilecek çalışmaların bazılarında veri eksikliği görülmüştür. Bu tür çalışmaların yazarlarına konu ile ilgili mail atılmış, geri dönüş alınmadığı için bu tür çalışmalar da kapsam dışı bırakılmıştır.

3.2.5 Kodlama süreci ve güvenilirlik

Araştırmacı tarafından kodlama sürecinde kullanılmak üzere bir kodlama formu oluşturulmuştur (Ek-3). Bu kodlama formunda çalışmalar ile ilgili şu bilgiler yer almaktadır: Çalışmanın numarası, yazarı/ları, yayın yılı, çalışmanın adı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma yöntemi/deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi, örneklem büyüklüğü, grupların aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve varsa etki büyüklüğü değerini hesaplamayı sağlayan diğer veriler.

Meta-analiz çalışmalarında kodlama sürecinin ayrıntılı olarak açıklanması ve çalışmaların kodlama formu kullanılarak kodlanması güvenilirliği etkilemektedir (Card, 2012). Araştırma konusu kapsamında tarama yapılan kaynaklardan elde edilen çalışmaların tamamı biri araştırmacı diğeri meta-analiz bilgisine sahip akademisyen olan iki kodlayıcı tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir. Kodlayıcılar ilk olarak çalışmaların başlık ve özetlerini okumuşlardır. Daha sonra araştırma konusu ile ilgili olduğu düşünülen çalışmaların sırasıyla problemleri, yöntem ve bulguları incelenmiştir. Bu şekilde belirlenen çalışmaların her biri kodlayıcılar tarafından kayıt edilmiştir. Kayıt edilen çalışmalar kodlayıcılar tarafından zaman zaman karşılaştırılarak kontrol edilmiştir.

Kodlama güvenilirliği en az iki kodlayıcı tarafından sağlanmalı ve kodlayıcılar arasında oluşan uyumsuzluklar karşılıklı görüş alışverişi ile giderilmelidir (Şen ve Yıldırım, 2020). Alan yazında kodlayıcılar arası güvenilirliği belirlemede uyum yüzdesi, korelasyon katsayısı, ANOVA gibi çok sayıda tekniğin kullanıldığı görülmektedir (Jonsson ve Svingby, 2007). Güvenirlikte amaç tesadüfi hata kaynaklarını belirlemek ve öznellikten dolayı araştırmaya hata karışmasını önlemektir. Uyum yüzdesi ve korelasyon hesaplamalarında tesadüfe dayalı uyumluluğa yer verilmemesinden dolayı bu hesaplamaların eleştirildiği çalışmalar bulunmaktadır (Bıkmaz Bilgen ve Doğan, 2017). Bu bağlamda, bu araştırmanın kodlama güvenilirliği ilk olarak kodlayıcılar arası uyum yüzdesi ve daha sonra hesaplamada tesadüfe dayalı uyumluluğa yer vermesinden dolayı Cohen Kappa katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Kodlayıcılar arası uyum Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kodlayıcılar arası uyum.

		Kodlayıcı 2		Toplam
		Ret	Kabul	
Kodlayıcı 1	Ret	28	6	34
	Kabul	10	64	74
	Toplam	38	70	108

Tablo 3.1 incelendiğinde 108 çalışmanın 16’sında görüş ayrılığı yaşanmış, 92’sinde görüş birliğine varılmıştır. Kodlayıcılar arası uyum yüzdesinin hesaplanmasında Miles ve Huberman’ın (1994) önerdiği [Kodlayıcılar Arası Uyum=Görüş Birliği/(Görüş Birliği+Görüş Ayrılığı)] güvenilirlik formülü kullanılmıştır. Buna göre, kodlayıcılar arası uyum %85,19 olarak hesaplanmıştır. %70 ve üzeri uyum kodlama güvenilirliği için yeterlidir (Yıldırım ve Şimşek, 2011).

Meta-analizde tam uyum sağlanıncaya kadar verilerin incelenmesi ve düzeltilmesi gerekir (Şen ve Yıldırım, 2020). Bu bağlamda çalışmalar tekrar incelenmiş ve kodlama formundaki veriler tekrar değerlendirilmiştir. 16 çalışmanın 8'inin, meta-analiz ve moderatör analizler için gerekli verileri içermemesinden dolayı kapsam dışı bırakılmasına karar verilmiştir.

Cohen Kappa testine ait değerlendirme sonuçları Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Cohen Kappa uyum testine ait sonuçlar.

	Değer	Standart hata	t	p
Kappa	0,667	0,076	6,958	0,000*

*p<0,05

Tablo 3.2 incelendiğinde kodlayıcılar arasındaki güvenilirlik Cohen Kappa katsayısı 0,667 olarak hesaplanmıştır. Bu katsayının (0,667) 0,60'tan büyük olması kodlayıcılar arasında genel, yeterli ve önemli düzeyde bir uyumun olduğunu göstermektedir (Wood, 2007).

3.2.6. Tarama süreci

Bu araştırma 2000-2022 yılları arasında Türkçe veya İngilizce yayımlanan makaleleri ve lisansüstü tezleri kapsamaktadır. Ulusal ve uluslararası düzeyde yayımlanan çalışmalara ulaşmak için birden fazla veri tabanı ve arama motoru kullanılmıştır. Veri tabanlarında ve arama motorunda standart bir tarama gerçekleştirilmemiştir. Taramaların bazılarında farklı kombinasyonlar, bazılarında Boolean operatörleri kullanılmıştır. Taramaların bu şekilde farklı ve kapsamlı yapılmasının nedeni araştırma konusu ile ilgili olabildiğince çok çalışmaya ulaşmak, başka bir ifadeyle araştırma konusu ile ilgili herhangi bir çalışmayı gözden kaçırmamaktır.

Taramaların tümü 30.01.2023 tarihinde tamamlanmıştır. Belirlenen anahtar kelimeler ve kriterlerle göre taramanın nasıl gerçekleştirildiği ayrıntılı bir şekilde aşağıda açıklanmıştır:

- YÖK Tez Merkezi veri tabanında *matematiksel modelleme* ve *başarı* anahtar kelimeleri kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının gelişmiş tarama kısmına belirtilen anahtar kelimeler ve bağlacı ile ayrı ayrı yazılmış, aranan alan *tümü*, arama tipi *içinde geçsin*, izin durumu *izinli* olarak işaretlenmiştir. Tarama sonucunda 153 çalışma listelenmiştir.
- YÖK Tez Merkezi veri tabanında *matematiksel modelleme* ve *tutum* anahtar kelimeleri kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının gelişmiş tarama

kısına belirtilen anahtar kelimeler ve bağlacı ile ayrı ayrı yazılmış, aranan alan tümü, arama tipi içinde geçsin, izin durumu izinli olarak işaretlenmiştir. Tarama sonucunda 31 çalışma listelenmiştir.

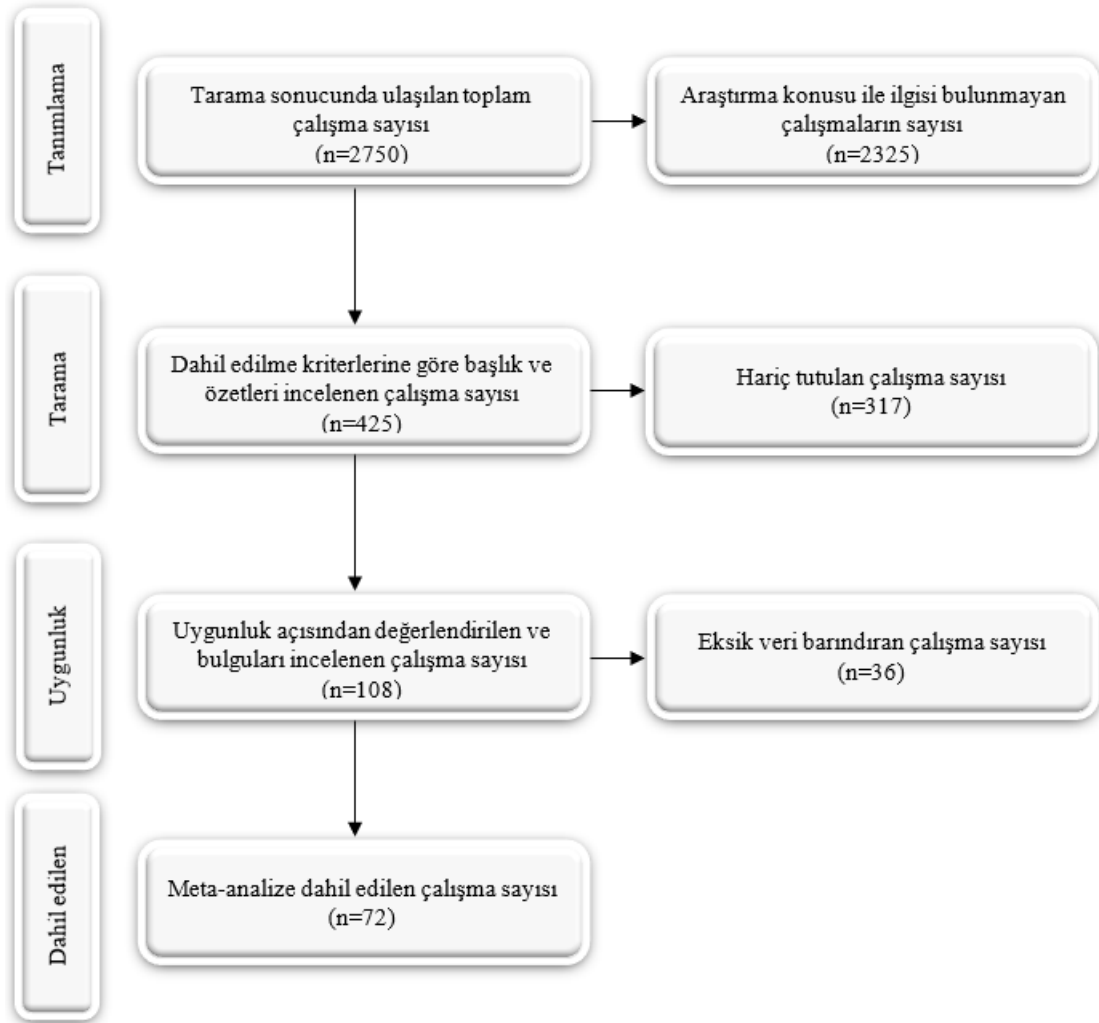
- ULAKBİM-DergiPark Akademik veri tabanında *matematiksel modelleme* anahtar kelimesi kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının arama kısmına belirtilen anahtar kelime tırnak işareti ile "*matematiksel modelleme*" biçiminde yazılmıştır. Tarama, yayın yılı 2000-2022 ve türü *araştırma makalesi* olarak sınırlandırılmıştır. Tarama sonucunda 347 çalışma listelenmiştir. Tezlerden üretilen çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır.
- Google Akademik arama motorunda *matematiksel modelleme*, *başarı* ve *tutum* anahtar kelimeleri kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının arama kısmına belirtilen anahtar kelimeler AND ve OR bağlacı ile "*matematiksel modelleme*" AND (*başarı* OR *tutum*) biçiminde yazılmıştır. Tarama sonucunda alıntılar hariç 1550 çalışma listelenmiştir. Bildirilerin tamamı, tezlerden üretilen makaleler ve projeler kapsam dışı bırakılmıştır. Bildirilerin incelenmemesinin nedeni özet kısmında meta-analiz için yeterli veriler barındırmıyor olmasıdır. Tezlerden üretilen makalelerin incelenmemesinin nedeni tezlerin daha ayrıntılı veriler içeriyor olmasıdır.
- ProQuest Dissertations & Theses veri tabanında *mathematical modeling* anahtar kelimesi ile farklı kombinasyonlar kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının tarama kısmına belirtilen anahtar kelime, tezlerin başlığında veya özetlerinde geçecek biçimde *TI,AB("mathematical model*")* biçiminde 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 gerçekleştirmiştir. Çalışmalar *tam metin*, yıl aralığı 2000-2022, konu *mathematics education*, yayın dili *Türkçe* ve *İngilizce* olarak filtrelenmiştir. Tarama sonucunda 101 çalışma listelenmiştir.
- WOS Core Collection veri tabanında *mathematical modeling*, *achievement* ve *attitude* anahtar kelimeleri ile farklı kombinasyonlar kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının basit tarama kısmına belirtilen anahtar kelimeler

"math* model*" AND (achievement OR attitude) biçiminde yazılmış, arama alanı tümü, yayın indeksleri SCI-E, SSCI, AHCI ve ESCI olarak işaretlenmiştir. Tarama sonucunda 1888 çalışma listelenmiştir. Çalışmalar yıl aralığı 2000-2022, türü articles, Web of Science kategorisi Education Educational Research ve yayın dili İngilizce olarak tekrar filtrelenmiş ve 53 çalışma listelenmiştir. Bazı çalışmalar erişim izni nedeniyle incelenememiş ve kapsam dışı bırakılmıştır.

- Scopus veri tabanında *mathematical modeling*, *achievement* ve *attitude* anahtar kelimeleri ile farklı kombinasyonlar kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının gelişmiş tarama kısmına belirtilen anahtar kelimeler, TITLE-ABS-KEY("math* model*" AND (achievement OR attitude)) biçiminde yazılmıştır. Tarama sonucunda 8172 çalışma listelenmiştir. Çalışmalar yıl aralığı 2000-2022, konu alanı *social sciences*, doküman türü *article*, yayın dili *Turkish* ve *English* olarak sınırlandırılmış ve 300 çalışma listelenmiştir. Bazı çalışmalar erişim izni nedeniyle incelenememiş ve kapsam dışı bırakılmıştır.
- ERIC veri tabanında *mathematical modeling*, *achievement* ve *attitude* anahtar kelimeleri ile farklı kombinasyonlar kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanının basit tarama kısmına belirtilen anahtar kelimeleri "math* model*" AND (achievement OR attitude) biçiminde yazılmıştır. Çalışmalar *tam metin*, yıl aralığı 2000-2022, kaynak tipi *akademik dergiler* ve yayın dili *English* olarak sınırlandırılmış ve 215 çalışma listelenmiştir. Tekrarlanan çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır.

Boolean operatörleri ve farklı kombinasyonlar ile gerçekleştirilen tarama sonucunda her çalışma meta-analize alınmamıştır. Dâhil edilme kriterlerini sağlayan çalışmalar meta-analize alınırken diğerleri kapsam dışı bırakılmıştır. Sadece matematiksel modelleme ile öğretimin gerçekleştirildiği çalışmaların yanında matematiksel modelleme ile öğretimin farklı yaklaşım, yöntem ve tekniklerle desteklendiği çalışmalar da meta-analize alınmıştır. Bildiriler, projeler, tezlerden üretilen çalışmalar, eş kopyalar, erişim izni olmayan çalışmalar, tam metnine ulaşılamayan çalışmalar, eksik veri barındıran çalışmalar meta-analize dâhil edilmemiştir. Buna karşılık meta-analize dâhil edilen çalışmaların bazıları (Büyükdıgüzel, 2019; Doerr ve ark., 2014; Doruk, 2010; Emlek, 2007; Johnson ve Galluzzo, 2014; Korkmaz, 2010; Perk, 2019; Yüzseven, 2021) bağımsız iki çalışma olarak değerlendirilmiştir. Tarama sürecinin net bir

şekilde açıklanması araştırmanın şeffaflığı ve güvenilirliği için önemlidir. Tarama sürecine ilişkin akış şeması Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Tarama süreci akış şeması (Moher ve ark., 2009).

Şekil 3.2 incelendiğinde YÖK Ulusal Tez Merkezi, ULAKBİM-DergiPark Akademik, Google Akademik, ProQuest Dissertations & Theses, WOS, Scopus ve ERIC veri tabanları ve arama motorunda tarama sonucu toplam 2750 çalışmaya ulaşılmıştır. İlk olarak araştırma konusu ile ilgili olmayan çalışmalar, bildiriler ve projeler kapsam dışı bırakılmıştır. Daha sonra dâhil edilme kriterlerine göre çalışmaların başlık ve özetleri incelenmiştir. İnceleme sonrasında 425 çalışma belirlenmiştir. Belirlenen çalışmaların problemleri, yöntemleri ve bulguları incelenmiştir. Bu çalışmalardan eş kopya olanlar, tezlerden üretilenler, erişim izni olmayanlar, tam metnine ulaşılamayanlar ve dâhil edilme kriterlerinden birini ya da birkaçını sağlamayanlar kapsam dışı bırakılmıştır. Uygunluk açısından olumlu değerlendirilen 108 çalışmanın bulguları tekrar incelenmiştir. Eksik veri barındıran çalışmalar meta-analize alınmamıştır. Bazı çalışmalar bağımsız birden fazla çalışma olarak değerlendirilmiştir. Matematik başarısı ile ilgili

45 çalışmadan 51 bağımsız çalışma, matematik tutumu ile ilgili 19 çalışmadan 21 bağımsız çalışma meta-analize dâhil edilmiştir. Matematik başarısı ve tutumu ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalara ayrıntılı bir şekilde Ek-1 ve Ek-2’de yer verilmiştir.

3.2.7. Çalışma moderatörleri

Çalışma moderatörleri meta-analiz sürecinde kullanılan, iki değişken arasındaki ilişkiye etki ettiği düşünülen bağımsız değişkenlerdir (Card, 2012). Bu araştırmada çalışmaların tamamında en çok rastlanılan yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü değişkenleri moderatör olarak belirlenmiştir. Bu değişkenler kodlama sürecinde kodlama formuna kaydedilmiştir. Araştırmanın moderatörleri aşağıda açıklanmıştır.

Yayın yılı

Çalışmalar yayımlandığı yıllara göre farklılık göstermektedir. Çalışmaların yayımlandığı yıllar 2005 ile 2022 arasında değişmektedir. Çalışmaların yayın yılı incelendiğinde çalışmaların yıllara göre artış gösterdiği ve bazı yıllarda yoğunlaştığı söylenebilir. Bu moderatör ile ilgili yayın yılı dışında örneğin yayın yıllarının gruplandırılması gibi farklı herhangi bir sınıflandırmaya gidilmemiştir.

Yayın türü

Çalışmalar yayın türüne göre farklılık göstermektedir. Meta-analize dâhil edilen çalışmaların makale ve lisansüstü tez türünde yayımlandığı görülmektedir. Yayın türüne göre makale, yüksek lisans ve doktora tezleri moderatör olarak belirlenmiştir.

Uygulanan ülke

Çalışmalar uygulanan ülkelere göre farklılık göstermektedir. Çalışmalar incelendiğinde uygulamaların ABD, İran, Güney Afrika, KKTC ve Türkiye’de gerçekleştirildiği görülmektedir. Ülke sayısının az olması nedeniyle bu moderatör ile ilgili örneğin yurt içi ve yurt dışı gibi farklı herhangi bir sınıflandırmaya gidilmemiştir.

Araştırma deseni

Çalışmalar araştırma desenine göre farklılık göstermektedir. Meta-analize dâhil edilen çalışmaların desenleri incelendiğinde çalışmaların zayıf deneysel desen ve yarı deneysel desenlerden oluştuğu görülmektedir. Araştırma desenine göre zayıf deneysel desen ve yarı deneysel desen moderatör grupları olarak belirlenmiştir.

Öğretim kademesi

Çalışmalardaki katılımcıların sınıf seviyeleri farklılık göstermektedir. Çalışmaların katılımcıları incelendiğinde 3. sınıf seviyesinden üniversite mezununa kadar katılımcıların olduğu görülmektedir. Sınıf seviyesine göre ayrı ayrı bir sınıflandırma yapıldığında çok fazla sayıda grubun bulunacağı açıktır. Bu nedenle çalışmalardaki katılımcılar öğrenim gördükleri kademeye göre gruplandırılmıştır. Bu gruplama Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Öğretim kademesine göre gruplama.

Öğretim kademesi	Sınıf seviyesi
İlkokul	3. ve 4. sınıflar
Ortaokul	5., 6., 7. ve 8. sınıflar (ortaokul 1, 2, 3, 4)
Lise	9., 10, 11. ve 12. sınıflar (lise 1, 2, 3, 4)
Üniversite	1., 2. ve 3. sınıflar (lisans 1, 2, 3)
Diğer	Üniversite mezunu

Öğrenme alanı/konusu

Çalışmaların konuları farklılık göstermektedir. Çalışmaların bazılarında öğrenme alanı ve kazanımlar ayrıntılı bir şekilde açıklanırken bazılarında açıklanmamıştır. Bazı çalışmalarda birden fazla konu içeren uygulamalar görülürken bazılarında sadece bir ya da birkaç problem uygulanmıştır. Problemlerin uygulandığı çalışmaların bazılarında problemlerin hangi öğrenme alanı, kazanım ya da konu ile ilişki olduğu açık bir şekilde belirtilmemiştir. Öğretim programları incelendiğinde zaman içerisinde bu programlarda öğrenme alanı ve konular ile ilgili değişikliklerin yapıldığı görülmüştür. Aynı konular farklı öğrenme alanlarında ele alınabilmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı çalışmalarda ele alınan konular öğrenme alanı/konusu başlığı altında toplanmıştır. Çalışmalar ile ilgili sınıflandırma Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Öğrenme alanı/konusu başlıklarına göre sınıflandırma.

Öğrenme alanı/konusu	Konular
Sayılar ve işlemler	Doğal sayılar, doğal sayılarla işlemler, tam sayılar, kesirler, ondalık gösterim, yüzdeler, rasyonel sayılar, rasyonel sayılarla işlemler, oran, orantı, üslü ifadeler.
Geometri ve ölçme	Çevre, alan, geometrik cisimler, çokgenler, dörtgenler, çember, daire, cisimlerin farklı yönlerden görünümü, dönüşüm geometrisi.
Analiz	Teorem ispatları, diziler, seriler, limit, türev, integral, trigonometri.
Cebir	Cebirsel ifadeler, denklemler, eşitsizlikler, doğrusal denklemler ve grafikleri, özdeşlikler, lineer denklemler, harfli ifadeler, fonksiyonlar, üstel ve logaritmik fonksiyonlar.
Diferensiyel denklemler	Diferensiyel denklemler.
Belirtilmemiş	Herhangi bir konu ya da öğrenme alanı ile ilişkilendirilmemiş rutin olmayan problemler veya sözel problemler.
Karma	Birden fazla konu veya öğrenme alanı.

Uygulama süresi

Çalışmaların uygulama süreleri farklılık göstermektedir. Çalışmalar incelendiğinde uygulama sürelerinin yıl, ay, hafta, dönem, oturum, ders saati, dakika gibi farklı birimlerle ifade edildiği görülmektedir. Çalışmaların uygulama süresi bazılarında ayrıntılı bir şekilde açıklanırken bazılarında yetersiz açıklamalar yer almaktadır. Bazı çalışmalarda uygulama 2 yıl gibi uzun bir süreyi kapsarken bazılarında sadece 2 ders saati gibi çok kısa bir zaman dilimi kapsamıştır. Yurt dışı çalışmaların birçoğu uygulama süresini dönem ya da oturum olarak belirtmiş, bu sürenin sayısal olarak ne kadar olduğu belirtilmemiştir. Meta-analize dâhil edilen uluslararası çalışmaların uygulama süreleri incelendiğinde bu sürelerin genellikle 1 dönem ve 1 dönemden az ya da çok olduğu belirtilmiştir. Türkiye’de ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite kademelerinde 1 dönemin yaklaşık olarak kaç hafta sürdüğü bilinmektedir. Eğitim-öğretimin her döneminin üniversitelerde yaklaşık 14 hafta diğer kademelerde 18 hafta sürdüğü göz önüne alındığında çalışmaların uygulama süreleri 1 dönemden az ve 1 dönem veya fazlası olarak 2 grupta sınıflandırılmıştır.

Örneklem büyüklüğü

Çalışmaların örneklem büyüklükleri farklılık göstermektedir. Çalışmaların örneklem büyüklüklerinin ortalaması hesaplandığında ortalamanın yaklaşık 50 olduğu görülmektedir. Örneklem büyüklüğünün 30 ve 30’den büyük olması normal dağılım varsayımı için önemlidir (Orhunbilge, 2000). Ayrıca etki büyüklüklerinin yorumları, grupların normal dağılım varsayımına dayanır (Yabancı Tak, 2021). Çalışmaların örneklem büyüklüğü dağılımı incelendiğinde örneklem büyüklüğü 30’dan küçük matematik başarısı ile ilgili 6, matematik tutumu ile ilgili 3 çalışma belirlenmiştir. Örneklem büyüklüğü küçük çalışmaların bazılarında müdahalenin yüksek düzeyde etkili olduğu görülmüştür. Bu araştırmada küçük örneklem büyüklüğüne sahip çalışmaların ortalama etki büyüklüğünü ne düzeyde farklılaştırdığı merak edilmiştir. Bu anlamda, çalışmaların örneklem büyüklüğü 30’dan küçük ve 30 veya 30’dan büyük olarak 2 grupta sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma sayesinde, çalışmaların analizinde kullanılan parametrik ve non-parametrik testlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisi de dolaylı yoldan incelenmiş olmaktadır.

3.2.8. Meta-analize dâhil edilen çalışmaların betimsel istatistikleri

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmalara ilişkin betimsel istatistikler

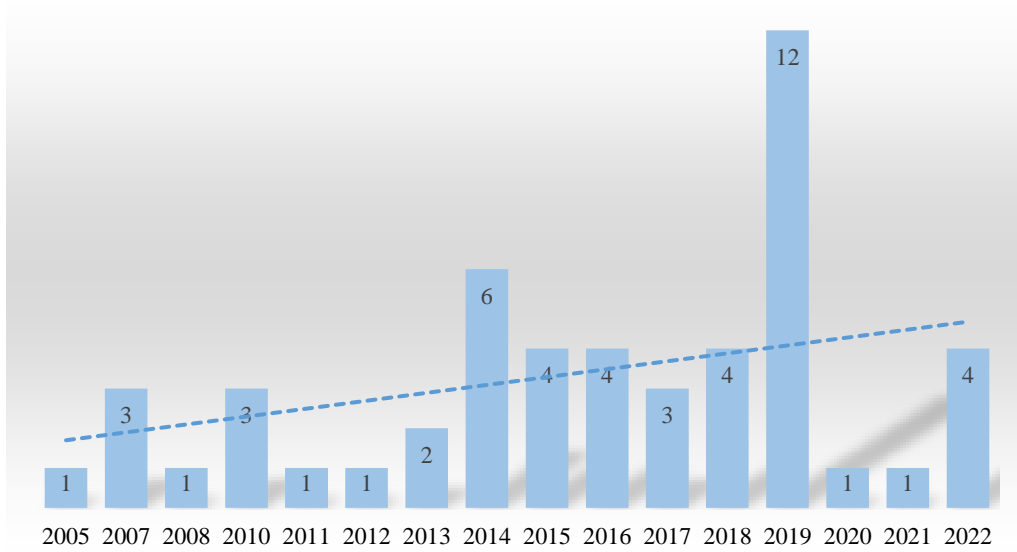
Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen ve dâhil edilme kriterlerini sağlayan 45 çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları kendi içinde bağımsız birden fazla çalışmaya ayrılmıştır. Meta-analize dâhil edilen toplam 51 çalışmanın yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, öğretim kademesi, araştırma deseni, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi, örneklem büyüklüğüne göre dağılımları sırasıyla aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yılına göre betimsel istatistikleri Tablo 3.5 ve Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yıllara göre frekans ve yüzde dağılımları.

Yayın yılı	f	%
2005	1	2
2007	3	5,9
2008	1	2
2010	3	5,9
2011	1	2
2012	1	2
2013	2	3,9
2014	6	11,7
2015	4	7,8
2016	4	7,8
2017	3	5,9
2018	4	7,8
2019	12	23,5
2020	1	2
2021	1	2
2022	4	7,8
Toplam	51	100

Tablo 3.5 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 1 tanesinin (%2) 2005, 3 tanesinin (%5,9) 2007, 1 tanesinin (%2) 2008, 3 tanesinin (%5,9) 2010, 1 tanesinin (%2) 2011, 1 tanesinin (%2) 2012, 2 tanesinin (%3,9) 2013, 6 tanesinin (%11,7) 2014, 4 tanesinin (%7,8) 2015, 4 tanesinin (%7,8) 2016, 3 tanesinin (%5,9) 2017, 4 tanesinin (%7,8) 2018, 12 tanesinin (%23,5) 2019, 1 tanesinin (%2) 2020, 1 tanesinin (%2) 2021 ve 4 tanesinin (%7,8) 2022 yılına ait olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yıllara göre dağılımı.

Ayrıca Şekil 3.3 incelendiğinde en az sayıda çalışmanın 2005, 2008, 2011, 2012, 2020 ve 2021 yıllarında; en çok sayıda çalışmanın 2019 yılında yayımlandığı görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın türüne göre betimsel istatistikleri Tablo 3.6’da sunulmuştur.

Tablo 3.6. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın türüne göre frekans ve yüzde dağılımları.

Yayın türü	f	%
Makale	13	25,5
Yüksek lisans tezi	27	52,9
Doktora tezi	11	21,6
Toplam	51	100

Tablo 3.6 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 13’ü (%25,5) makale, 27’si (%52,9) yüksek lisans tezi ve 11’i (%21,6) doktora tezi türündedir. Ayrıca en az sayıda çalışmanın doktora tezi türünde ve en çok sayıda çalışmanın yüksek lisans tezi türünde yayımlandığı görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların uygulanan ülkelere göre betimsel istatistikleri Tablo 3.7’de sunulmuştur.

Tablo 3.7. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların uygulanan ülkelere göre frekans ve yüzde dağılımları.

Uygulanan ülke	f	%
ABD	9	17,6
İran	1	2
KKTC	1	2
Türkiye	40	78,4
Toplam	51	100

Tablo 3.7 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 9'unun (%17,6) uygulaması ABD'de, 1'er tanesinin (%2) İran ve KKTC'de, 40'ının (%78,4) Türkiye'de; ayrıca en az sayıda çalışmanın İran ve KKTC ülkelerinde, en çok sayıda çalışmanın Türkiye'de yapıldığı görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların öğretim kademesine göre betimsel istatistikleri Tablo 3.8'de sunulmuştur.

Tablo 3.8. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların öğretim kademesine göre frekans ve yüzde dağılımları.

Öğretim kademesi	f	%
İlkokul	4	7,8
Ortaokul	24	47,1
Lise	7	13,7
Üniversite	16	31,4
Toplam	51	100

Tablo 3.8 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 4'ünün (%7,8) örneklemini ilkokul öğretim kademesindeki öğrenciler, 24'ünün (%47,1) örneklemini ortaokul kademesindeki öğrenciler, 7'sinin (%13,7) örneklemini lise öğrencileri ve 16'sının (%31,4) örneklemini üniversite öğrencileri oluşturmaktadır. Ayrıca en az sayıda çalışmanın ilkokul öğretim kademesinde, en çok sayıda çalışmanın ortaokul kademesinde yapıldığı görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların araştırma desenine göre betimsel istatistikleri Tablo 3.9'da sunulmuştur.

Tablo 3.9. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların araştırma desenine göre frekans ve yüzde dağılımları.

Araştırma deseni	f	%
Zayıf desen	9	17,6
Yarı deneysel desen	42	82,4
Toplam	51	100

Tablo 3.9 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 9’u (%17,6) zayıf desenlerden ve 42’si (%82,4) yarı deneysel desenlerden oluşmaktadır. Ayrıca zayıf desenli çalışmaların az, yarı deneysel desenli çalışmaların çok sayıda olduğu görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların öğrenme alanı/konularına göre betimsel istatistikleri Tablo 3.10’da sunulmuştur.

Tablo 3.10. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların öğrenme alanı/konularına göre frekans ve yüzde dağılımları.

Öğrenme alanı/konusu	f	%
Sayılar ve işlemler	8	15,7
Geometri ve ölçme	6	11,8
Analiz	10	19,6
Cebir	13	25,5
Diferensiyel denklemler	1	2
Belirtilmemiş	2	3,9
Karma (Birden fazla öğrenme alanı/konu)	11	21,5
Toplam	51	100

Tablo 3.10 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 8’inin (%15,7) öğrenme alanı/konusu sayılar ve işlemler, 6’sının (%11,8) öğrenme alanı/konusu geometri ve ölçme, 10’unun (%19,6) öğrenme alanı/konusu analiz, 13’ünün (%25,5) öğrenme alanı/konusu cebir, 1’inin (%2) öğrenme alanı/konusu diferensiyel denklemler, 2’sinin (%3,9) öğrenme alanı/konusu belirtilmemiş ve 11’inin (%21,5) öğrenme alanı/konusu karma (birden fazla öğrenme alanı/konu)’dır. Ayrıca en az sayıda çalışma diferensiyel denklemler, en çok sayıda çalışma cebir öğrenme alanı/konusunda görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların uygulama süresine göre betimsel istatistikleri Tablo 3.11’de sunulmuştur.

Tablo 3.11. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların uygulama süresine göre frekans ve yüzde dağılımları.

Uygulama süresi	f	%
1 dönem veya fazla	12	23,5
1 dönemden az	39	76,5
Toplam	51	100

Tablo 3.11 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 12’sinin (%23,5) uygulaması 1 dönem veya fazla, 39’unun (%76,5) uygulaması 1 dönemden az sürmektedir. Ayrıca uygulaması 1 dönem veya fazla süren çalışmaların az sayıda, uygulaması 1 dönemden az süren çalışmaların çok sayıda olduğu görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların örneklem büyüklüğüne göre betimsel istatistikleri Tablo 3.12’de sunulmuştur.

Tablo 3.12. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların örneklem büyüklüğüne göre frekans ve yüzde dağılımları.

Örneklem büyüklüğü	f	%
30’dan küçük	6	11,8
30 veya büyük	45	88,2
Toplam	51	100

Tablo 3.12 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 6’sının (%11,8) örneklem büyüklüğü 30’dan küçük, 45’inin (%88,2) örneklem büyüklüğü 30 veya 30’dan büyüktür. Ayrıca örneklem büyüklüğü 30’dan küçük az sayıda çalışma, örneklem büyüklüğü 30 veya 30’dan büyük olan çok sayıda çalışma görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmalara ilişkin betimsel istatistikler

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen ve dâhil edilme kriterlerini sağlayan 19 çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları kendi içinde bağımsız birden fazla çalışmaya ayrılmıştır. Meta-analize dâhil edilen toplam 21 çalışmanın yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, öğretim kademesi, araştırma deseni, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi, örneklem büyüklüğüne göre dağılımları sırasıyla aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

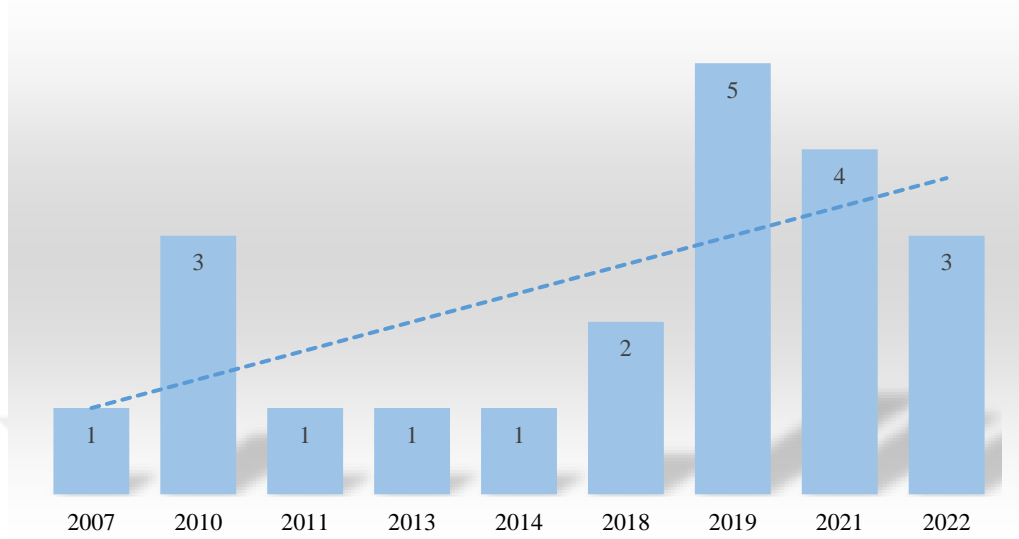
Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yayın yılına göre betimsel istatistikleri Tablo 3.13 ve Şekil 3.4’te gösterilmiştir.

Tablo 3.13. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yıllara göre frekans ve yüzde dağılımları.

Yayın yılı	f	%
2007	1	4,8
2010	3	14,3
2011	1	4,8
2013	1	4,8
2014	1	4,8
2018	2	9,5
2019	5	23,8
2021	4	19
2022	3	14,2
Toplam	21	100

Tablo 3.13 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 1 tanesinin (%4,8) 2007, 3 tanesinin (% 14,3) 2010, 1 tanesinin (%4,8) 2011, 1 tanesinin (%4,8) 2013, 1 tanesinin

(%4,8) 2014, 2 tanesinin (%9,5) 2018, 5 tanesinin (%23,8) 2019, 4 tanesinin (%19) 2021 ve 3 tanesinin (%14,2) 2022 yılına ait olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yıllara göre dağılımı.

Ayrıca Şekil 3.4 incelendiğinde en az sayıda çalışmanın 2007, 2011, 2013, 2014 yıllarında; en çok sayıda çalışmanın 2019 yılında yayımlandığı görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yayın türüne göre betimsel istatistikleri Tablo 3.14’te sunulmuştur.

Tablo 3.14. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yayın türüne göre frekans ve yüzde dağılımları.

Yayın türü	f	%
Makale	4	19
Yüksek lisans tezi	11	52,4
Doktora tezi	6	28,6
Toplam	21	100

Tablo 3.14 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 4’ü (%19) makale, 11’i (%52,4) yüksek lisans tezi ve 6’sı (%28,6) doktora tezi türündedir. Ayrıca en az sayıda çalışmanın makale türünde ve en çok sayıda çalışmanın yüksek lisans tezi türünde yayımlandığı görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların uygulanan ülkelere göre betimsel istatistikleri Tablo 3.15’te sunulmuştur.

Tablo 3.15. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların uygulanan ülkelere göre frekans ve yüzde dağılımları.

Uygulanan ülke	f	%
ABD	1	4,8
Güney Afrika	2	9,5
Türkiye	18	85,7
Toplam	21	100

Tablo 3.15 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 1'inin (%4,8) uygulaması ABD'de, 2'sinin (%9,5) Güney Afrika'da ve 18'inin (%85,7) Türkiye'de; ayrıca en az sayıda çalışmanın ABD ülkesinde, en çok sayıda çalışmanın Türkiye'de yapıldığı görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların öğretim kademesine göre betimsel istatistikleri Tablo 3.16'da sunulmuştur.

Tablo 3.16. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların öğretim kademesine göre frekans ve yüzde dağılımları.

Öğretim kademesi	f	%
İlkokul	1	4,8
Ortaokul	8	38,1
Lise	1	4,8
Üniversite	9	42,8
Diğer (Üniversite mezunu)	2	9,5
Toplam	21	100

Tablo 3.16 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 1'inin (%4,8) örneklemini ilkokul öğretim kademesindeki öğrenciler, 8'inin (%38,1) örneklemini ortaokul kademesindeki öğrenciler, 1'inin (%4,8) örneklemini lise öğrencileri, 9'unun (%42,8) örneklemini üniversite öğrencileri ve 2'sinin (%9,5) örneklemini diğer (üniversite mezunu) oluşturmuştur. Ayrıca en az sayıda çalışmanın ilkokul ve lise öğretim kademelerinde, en çok sayıda çalışmanın üniversite öğretim kademesinde yapıldığı görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların araştırma desenine göre betimsel istatistikleri Tablo 3.17'de sunulmuştur.

Tablo 3.17. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların araştırma desenine göre frekans ve yüzde dağılımları.

Araştırma deseni	f	%
Zayıf desen	8	38,1
Yarı deneysel desen	13	61,9
Toplam	21	100

Tablo 3.17 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 8'i (%38,1) zayıf desenlerden ve 13'ü (%61,9) yarı deneysel desenlerden oluşmaktadır. Ayrıca zayıf desenli çalışmaların az, yarı deneysel desenli çalışmaların çok sayıda olduğu görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların öğrenme alanı/konularına göre betimsel istatistikleri Tablo 3.18'de sunulmuştur.

Tablo 3.18. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların öğrenme alanı/konularına göre frekans ve yüzde dağılımları.

Öğrenme alanı/konusu	f	%
Sayılar ve işlemler	2	9,5
Geometri ve ölçme	1	4,8
Analiz	2	9,5
Cebir	3	14,3
Belirtilmemiş	9	42,9
Karma (Birden fazla öğrenme alanı/konu)	4	19
Toplam	21	100

Tablo 3.18 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 2'sinin (%9,5) öğrenme alanı/konusu sayılar ve işlemler, 1'inin (%4,8) öğrenme alanı/konusu geometri ve ölçme, 2'sinin (%9,5) öğrenme alanı/konusu analiz, 3'ünün (%14,3) öğrenme alanı/konusu cebir, 9'unun (%42,9) öğrenme alanı/konusu belirtilmemiş ve 4'ünün (%19) öğrenme alanı/konusu karma (birden fazla öğrenme alanı/konu)'dır. Ayrıca en az sayıda çalışma geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusunda, en çok sayıda çalışma öğrenme alanı/konusu belirtilmeyenlerde görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların uygulama süresine göre betimsel istatistikleri Tablo 3.19'de sunulmuştur.

Tablo 3.19. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların uygulama süresine göre frekans ve yüzde dağılımları.

Uygulama süresi	f	%
1 dönem veya fazla	2	9,5
1 dönemden az	19	90,5
Toplam	21	100

Tablo 3.19 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 2'sinin (%9,5) uygulaması 1 dönem veya fazla, 19'unun (%90,5) uygulaması 1 dönemden az sürmektedir. Ayrıca uygulaması 1 dönem veya fazla süren çalışmaların az sayıda, uygulaması 1 dönemden az süren çalışmaların çok sayıda olduğu görülmektedir.

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların örneklem büyüklüğüne göre betimsel istatistikleri Tablo 3.20’de sunulmuştur.

Tablo 3.20. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların örneklem büyüklüğüne göre frekans ve yüzde dağılımları.

Örneklem büyüklüğü	f	%
30’den küçük	3	14,3
30 veya büyük	18	85,7
Toplam	21	100

Tablo 3.20 incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmaların 3’ünün (%14,3) örneklem büyüklüğü 30’den küçük, 18’inin (%85,7) örneklem büyüklüğü 30 veya 30’den büyüktür. Ayrıca örneklem büyüklüğü 30’den küçük az sayıda çalışma, örneklem büyüklüğü 30 veya 30’den büyük olan çok sayıda çalışma görülmektedir.

3.3. Verilerin Analizi

Bu araştırmada çalışmaların yayın yanlılığı kontrolü yapılmış, her bir çalışmanın etki büyüklüğü değeri hesaplanmış, çalışmalar heterojenlik testi ile analiz edilmiş, çalışmaların ortalama etki büyüklüğü hesaplanmış ve moderatör analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm bu hesaplamalar ve analizler CMA (Comprehensive Meta-Analysis) programı kullanılarak yapılmıştır. Bu programın tercih edilmesinin nedeni farklı veri tiplerindeki çalışmaları birleştirebilmesidir.

3.3.1. Etki büyüklüğü

Etki büyüklüğünün hesaplanması analizin en önemli kısmıdır. Bu değer standartlaştırılarak hesaplandığı için çalışmalar arası karşılaştırma yapılabilir (Seki, 2020). Bir meta-analiz çalışmasında farklı etki büyüklükleri kullanılabilir. Sosyal bilimlerde genellikle ortalama farkına ve korelasyona dayalı etki büyüklükleri kullanılır (Kış, 2013). Meta-analize dâhil edilen çalışmalardan elde edilen tüm veriler aynı ve tek bir ölçekten alınırsa standartlaştırılmamış ortalama farkı, farklı ölçeklerden alınırsa standartlaştırılmış ortalama farkı kullanılır (Borenstein, 2009). Bu araştırmada meta-analize dâhil edilen çalışmaların her birinde aynı ölçek kullanılmamıştır. Bu nedenle araştırmada standartlaştırılmış ortalama farkı kullanılmıştır.

Bireysel çalışmalardan elde edilen ortalama farkın standart sapma değerine bölünmesiyle standartlaştırılmış ortalama farkı hesaplanır. Hesaplanan etki büyüklüğü değerleri şunlardır: Cohen’s d, Hedges’s g ve Glass’s Δ . Bu değerlerinin hesaplanmasında farklı formüller ve dönüşümler kullanılmaktadır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen Cohen’s d ve

Hedges's g etki büyüklüğü değerleri birbirine oldukça yakın çıkmaktadır (Dinçer, 2021). Bir meta-analizde örneklem büyüklüğü 20'den büyük çalışmalar için Cohen's d etki büyüklüğü, küçük çalışmalar için Hedges's g etki büyüklüğü kullanılır (Şen ve Yıldırım, 2020). Bu araştırmada örneklem büyüklüğü 20'den küçük çalışmalar bulunduğu için veri analizinde Hedges's g etki büyüklüğü kullanılmıştır. Ortalama, standart sapma ve örneklem büyüklüğüne dayanan bu değerlerin nasıl hesaplandığı ile ilgili formül ve dönüşümler Tablo 3.21'de verilmiştir.



Tablo 3.21. Etki büyüklüğü ile ilgili formül ve dönüşümleri.

$$d = \frac{\bar{X}_{G1} - \bar{X}_{G2}}{S_B}$$

$$S_B = \sqrt{\frac{(n_{G1} - 1)S_{G1}^2 + (n_{G2} - 1)S_{G2}^2}{(n_{G1} - 1) + (n_{G2} - 1)}}$$

d : Cohen d değeri

S : Standart sapma

$\bar{X}_{G1}, \bar{X}_{G2}$: Farklı gruplar veya oturumlara ait aritmetik ortalamalar

S_B : Birleştirilmiş standart sapma değeri

n_{G1}, n_{G2} : Farklı gruplar veya oturumlara ait örneklem büyüklükleri

$$S.H. = \sqrt{\frac{n_{G1} + n_{G2}}{n_{G1}^2} + \frac{d^2}{2(n_{G1} + n_{G2})}}$$

$$w = \frac{1}{(S.H.)^2}$$

$S.H.$: Cohen d değerinin standart hatası

w : Ağırlıklandırma katsayısı

$$g = \left[1 - \frac{3}{4sd - 9}\right] \cdot d$$

$$sd = n_{g1} + n_{g2}$$

g : Hedges g değeri

d : Cohen d değeri

sd : Serbestlik derecesi

n_{g1}, n_{g2} : Farklı gruplar veya oturumlara ait örneklem büyüklükleri

$$S.H.g = \left[1 - \frac{3}{4sd - 9}\right] \cdot (S.H.d)$$

$$w = \frac{1}{(S.H.g)^2}$$

$S.H.g$: Hedges g değerinin standart hatası

$S.H.d$: Cohen d değerinin standart hatası

sd : Serbestlik derecesi

w : Ağırlıklandırma katsayısı

Literatürde etki büyüklüklerinin düzeyleri ile ilgili birçok sınıflandırma bulunmaktadır. En çok kullanılanı Thalheimer ve Cook'a (2002) ait etki büyüklüğü sınıflandırmasıdır. Diğerleriyle karşılaştırıldığında daha ayrıntılıdır. Bu sınıflandırma hem Cohen's d hem de Hedges's g değeri için kullanılabilir (Dinçer, 2021). Bu araştırmada Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırması tercih edilmiştir. Bu sınıflandırma Tablo 3.22'de verilmiştir.

Tablo 3.22. Thalheimer ve Cook'a (2002) ait etki büyüklüğü sınıflandırması.

Hedges's g	Etki büyüklüğü düzeyi
$0,00 \leq d, g < 0,15$	Önemsiz
$0,15 \leq d, g < 0,40$	Düşük
$0,40 \leq d, g < 0,75$	Orta
$0,75 \leq d, g < 1,10$	Yüksek
$1,10 \leq d, g < 1,45$	Çok yüksek
$1,45 \leq d, g$	Mükemmel

Etki büyüklüğü yorumlanırken bu değer in mutlak değeri alınır, hangi düzeyde bulunduğu belirlenir ve işaretine göre yorum yapılır. Örneğin, -0,12 değeri önemsiz düzeydedir. Müdahalenin kontrol grubu lehine veya olumsuz yönde olduğunu gösterir (Gürsoy, 2017).

3.3.2. Yayın yanlılığı

İstatiksel olarak anlamlı etkisi olmayan ya da beklenen yönde etkisi bulunmayan çalışmaların yayımlanma olasılığın düşük olması meta-analizde yayın yanlılığı ile ilgilidir. Yayın yanlılığı, istatistiksel olarak anlamlı olmayan sonuçlar yerine anlamlı olan sonuçların sunulması ve yayımlanmasının daha çok olası olması anlamında kullanılır (Petiti, 2000). Yayımlanmış çalışmalar bir alandaki tüm çalışmaları temsil edemez. Bu duruma dosya çekmecesini sorunu (file drawer problem) denir (Rosenthal, 1979). Bu sorun nedeniyle oluşabilecek yayın yanlılığını ortadan kaldırmak için olabildiğince kapsamlı bir araştırma yapılmalı, çalışmaların tümüne ulaşılmalıdır. Bir meta-analiz çalışmasında yayın yanlılığın olup olmadığını belirlemek için farklı yöntemler kullanılmaktadır (Card, 2012). Bu araştırmada kullanılan yayın yanlılığı yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

Huni grafiği (funnel plot)

Huni grafiği etki büyüklüklerinin dağılımını gösterir. Huni grafiğinin dikey ekseninde standart hata değeri, yatay ekseninde etki büyüklüğü değeri bulunur. Küçük örnekleme sahip çalışmalar grafiğin alt tarafında geniş bir alanda, büyük örnekleme sahip çalışmalar grafiğin üstünde daha küçük bir alanda dağılım gösterir (Üstün, 2012). Grafikteki dağılımın simetrik olmaması yayın yanlılığına, başka bir ifadeyle araştırmada p değeri 0,05'ten büyük çalışmaların eksik olduğuna işaret eder. Yayın yanlılığın olup olmadığı anlamak için grafikte sol alt tarafa

bakılır. Sol alt tarafın boş olması yayın yanlılığın olduğunu gösterir. Diğerlerine göre daha öznel bir yöntemdir (Borenstein ve ark., 2013).

Rosenthal'in güvenli N yöntemi (fail-safe N [FSN])

Eski ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, anlamlı bulunan ortalama etki büyüklüğü değerini anlamlı olmayan duruma getirmek için gereken çalışma sayısını tespit eder. Bu sayının gözlenen çalışma sayısının 5 katının 10 fazlasından büyük olması, etkinin büyük olasılıkla değişmeyeceğini başka bir ifadeyle meta-analizde yayın yanlılığının bulunmadığına işaret eder (Rosenthal, 1979).

Orwin'in güvenli N yöntemi (fail-safe N [FSN])

Bu yöntem, ortalama etki büyüklüğü değerini belirlenen bir değere indirgemek için gereken çalışma sayısını tespit eder. Bu sayının, Rosenthal'in güvenli N yönteminde olduğu gibi büyük olması meta-analizde yayın yanlılığının bulunmadığına işaret eder (Şen ve Yıldırım, 2020).

Egger'in doğrusal regresyon analizi

Huni grafiğinde oluşan asimetriklik test edilir. Bu yöntemde kesen (intercept), standart hata, güven aralığı, t değeri ve serbestlik derecesi elde edilir. Anlamlılık için tek kuyruklu p değeri tavsiye edilir. Bu değerinin 0,05'ten küçük olması yayın yanlılığına işaret eder (Şen ve Yıldırım, 2020).

Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu

Parametrik olmayan bir testtir. Etki büyüklüğünün standartlaştırılmış değerleri ile varyansları arasındaki Kendall's tau değerinin hesaplanmasıyla bulunur. Bu değer etki büyüklüğü ile örneklem büyüklüğü arasındaki ilişkiyi yansıtır. Çift kuyruklu p değerinin kullanılması önerilir. Bu değerinin 0,05'ten küçük olması yayın yanlılığına işaret eder (Begg ve Mazumdar, 1994).

Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemi

Bu yöntem diğer yöntemlerden farklı olarak yayın yanlılığının tespit edilmesi ile birlikte düzeltilmesine yardımcı olur. Bu yöntemde önce huni grafiğinin simetrik olmayan parçaları kesip çıkarılır. Daha sonra çıkarılan çalışmalar ile birlikte yapay simetrik çalışmalar analize eklenir. Bu şekilde düzeltilmiş etki büyüklüğü değeri hesaplanır. Grafikte içi dolu çemberler eklenen çalışmaları ve içi dolu elmas düzeltilmiş etki büyüklüğünü gösterir (Duval ve Tweedie, 2000).

3.3.3. Heterojenlik testi

Bireysel çalışmalardan elde edilen etki büyüklüklerinin birleştirilmesinde sabit etkiler modeli ve rastgele etkiler modeli olmak üzere iki model kullanılmaktadır (Cooper ve ark., 2009). Bir meta-analiz çalışmasında ortalama etki büyüklüğü belirlenen modele göre değişmektedir. Çalışmaların etki büyüklükleri homojen bir dağılım gösteriyorsa ortalama etki büyüklüğü sabit etkiler modeline göre, heterojen bir dağılım gösteriyorsa rastgele etkiler modeline göre hesaplanmaktadır. Çalışmaların heterojen bir dağılım gösterip göstermediği heterojenlik testi analizlerine göre belirlenmektedir. Dolayısıyla heterojenlik testi ortalama etki büyüklüğünün hesaplanmasında önemli bir testtir (Dinçer, 2021).

Sabit etkiler modelinde tüm çalışmaların gerçek etki büyüklüğünün aynı olduğu varsayılır. Çalışmaların her birinin etki büyüklüğü arasındaki fark örnekleme hatasından kaynaklanmaktadır. Rastgele etki modelinde tüm çalışmaların gerçek etki büyüklüğünün farklı olduğu varsayılır. Rastgele etkiler modelinde iki farklılık kaynağı bulunmaktadır. Bunlar, örnekleme hatası ve rastgele dağıldığı varsayılan diğer değişken kaynaklarıdır (Borenstein ve ark., 2013).

Nitelikli meta-analiz araştırmalarında kullanılan model önceden belirtilir (Borenstein ve ark., 2009). Sosyal bilimler alanında yapılan meta-analizler için rastgele etkiler modelinin kullanılması önerilmektedir (Field ve Gillett, 2010). Sosyal ve eğitim bilimlerinde farklı çalışmaların evrenlerinin aynı olmaması, veri toplama araçlarının farklı olması, örnekleme hatası haricinde uygulamayı dolaylı ve doğrudan etkileyen kontrol altına alınamayan başka değişkenlerin bulunması, çoğunlukla çalışmaların etki büyüklüklerinin heterojen bir dağılım göstermesi gibi nedenlerden dolayı bu araştırmada ortalama etki büyüklüğü değeri rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Literatürde çalışmalar arası heterojenliği test etmek için birçok yöntem vardır. Bunlardan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

Orman grafiği (forest plot)

Çalışmaların etki büyüklüğü değerleri ile güven aralıklarını içeren grafikdir. Grafikte çizgiler ve kareler bulunur. Çizgiler çalışmanın güven aralığını gösterir. Bu çizgilerin arasında bir kare bulunur. Karenin yatay eksenindeki konumu o çalışmanın etki büyüklüğü değerini gösterir. Güven aralığı çizgileri ve karenin boyutu çalışmanın örneklem büyüklüğü ile ilişkilidir. Karenin büyük veya çizginin kısa olması örneklemin büyük olduğunu gösterir. CMA programında orman grafiğinin en altında elmas biçiminde bir şekil bulunur. Bu şekil çalışmaların ortalama etki büyüklüğü değerini ve güven aralığını verir. Çalışmaların güven aralıkları

ortalama etki büyüklüğü güven aralığını çok az kesiyor ya da kesmiyorsa çalışmalar arasında heterojenlikten bahsedilebilir (Şen ve Yıldırım, 2020).

Cochran Q istatistiği

Meta-analizden elde edilen Q değeri, belirlenen anlamlılık düzeyi ve k-1 serbestlik derecesine karşılık gelen ki-kare değeri ile karşılaştırılır. Q değerinin ki-kare tablosundaki değerden (kritik değer) büyük ve p değerinin 0,05'ten küçük olması meta-analize dâhil edilen çalışmaların heterojen dağılım gösterdiği şeklinde yorumlanır (Şen ve Yıldırım, 2020).

I² istatistiği

Çalışmalar arası varyansın heterojenlikten kaynaklandığını gösteren yüzdeler bir ifadedir. Heterojenliğin düzeyi ile bilgi verir. I² istatistiği 0 ile %100 arasında değer alır. I² istatistik değerinin %50'den büyük olması yeterli, %75'ten büyük olması yüksek düzeyde heterojenliğe işaret eder (Şen ve Yıldırım, 2020).

BÖLÜM 4

4. BULGULAR

İlk olarak matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı, etki büyüklüğü, heterojenlik testi, ortalama etki büyüklüğü ve moderatör analiz bulgularına daha sonra matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı, etki büyüklüğü, heterojenlik testi, ortalama etki büyüklüğü ve moderatör analiz bulgularına değinilmiştir.

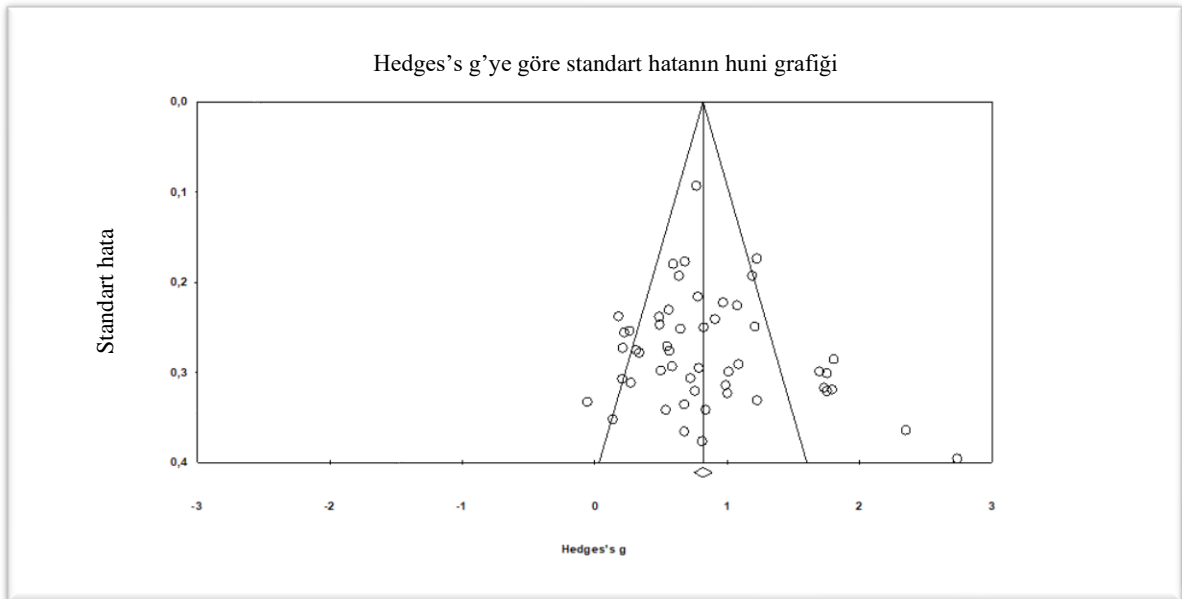
4.1. Matematiksel Modelleme ile Öğretimin Matematik Başarısına Etkisini İnceleyen Çalışmaların Meta-Analiz Bulguları

4.1.1. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığının olup olmadığı huni grafiği, Rosenthal'ın güvenli N, Orwin'in güvenli N, Egger'in doğrusal regresyon analizi, Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu, Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemleri kullanılarak incelenmiştir.

Huni grafiği

Matematik başarısı ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan elde edilen etki büyüklüklerine ilişkin dağılım Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Matematik başarısı ile ilgili çalışmaların yayın yanlılığına ilişkin huni grafiği.

Şekil 4.1 incelendiğinde etki büyüklüklerinin birçoğunun huni grafiğinin içerisinde yer aldığı ve simetrik bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Huni grafiğinin sol alt tarafına bakıldığında bu bölgenin boş olmadığı da söylenebilir. Etki büyüklüklerinin birçoğunun huni grafiğinin içerisinde yer alması, simetrik bir şekilde dağılması ve grafiğin sol alt tarafının boş olmaması yayın yanlılığının olmadığını gösterir (Borenstein ve ark., 2009).

Rosenthal'in güvenli N yöntemi

Matematik başarısı ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Rosenthal'ın güvenli N yöntemine göre elde edilen bulgular Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Matematik başarısı ile ilgili çalışmaların Rosenthal'ın güvenli N yöntemine göre yayın yanlılığı bulguları.

Gözlenen çalışmaların z-değeri	22,825
Gözlenen çalışmaların p-değeri	0,000*
Alfa	0,05
Yön	2
Alfa için z-değeri	1,959
Gözlenen çalışma sayısı	51
p değerini alfanın üzerine çekmek için gereken kayıp çalışma sayısı (fail-safe N [FSN])	6866

*p<0,05

Tablo 4.1 incelendiğinde gözlenen çalışmalardan elde edilen p değerini (0,000) alfanın (0,05) üzerine çıkarmak için gereken kayıp çalışma sayısı 6866'dır. Hata koruma sayısı olarak tanımlanan bu sayı, analizden elde edilen p değerinin anlamlılığının değişmesi için eklenmesi gereken çalışma sayısını belirtir. Bu sayı, gözlenen çalışma sayısının 5 katının 10 fazlasının oldukça üzerindedir. Rosenthal'ın güvenli N yöntemine göre hesaplanan hata koruma sayısının oldukça büyük olması yayın yanlılığının olmadığını gösterir (Şen ve Yıldırım, 2020).

Orwin'in güvenli N yöntemi

Matematik başarısı ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Orwin'in güvenli N yöntemine göre elde edilen bulgular Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Matematik başarısı ile ilgili çalışmaların Orwin'in güvenli N yöntemine göre yayın yanlılığı bulguları.

Gözlenen çalışmalardaki Hedges's g değeri	0,816
"Önemsiz" bir Hedges's g değeri için ölçüt	0,01
Kayıp çalışmaların ortalama Hedges's g değeri	0,000
Hedges's g değerini 0,01'in altına çekmek için gereken kayıp çalışma sayısı (fail-safe N [FSN])	4111

Tablo 4.2 incelendiğinde gözlenen çalışmalardaki Hedges's g değeri 0,816'dır. Bu değeri 0,010 olarak belirlenen değere indirmek için gereken çalışma sayısı 4111'dir. Orwin'in güvenli N yöntemine göre hesaplanan bu sayısının büyük olması yayın yanlılığının olmadığını gösterir (Şen ve Yıldırım, 2020).

Egger'in doğrusal regresyon analizi

Matematik başarısı ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Egger'in doğrusal regresyon analizine göre elde edilen bulgular Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Matematik başarısı ile ilgili çalışmaların Egger'in doğrusal regresyon analizine göre yayın yanlılığı bulguları.

Kesen	0,847
Standart hata	0,841
%95 güven aralığı alt sınır	-0,842
%95 güven aralığı üst sınır	2,538
t değeri	1,007
sd	49
p değeri (tek kuyruklu)	0,159
p değeri (çift kuyruklu)	0,318

Tablo 4.3 incelendiğinde kesen değeri 0,847, bu değere ait standart hata değeri 0,841 ve t değeri 1,007'dir. "Yayın yanlılığı yoktur" şeklinde ifade edilen sıfır hipotezi test edilmiş, tek kuyruklu p-değeri 0,159 ve çift kuyruklu p değeri 0,318 olarak bulunmuştur. Bulunan p değerlerine göre sonuç anlamlı değildir ($p>0,05$). Buna göre, yayın yanlılığının olmadığı söylenebilir (Egger ve ark., 1997).

Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu

Matematik başarısı ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Begg ve Mazumdar sıra korelasyonuna göre elde edilen bulgular Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Matematik başarısı ile ilgili çalışmaların Begg ve Mazumdar sıra korelasyonuna göre yayın yanlılığı bulguları.

Tau	0,120
Tau'nun z değeri	1,250
p değeri (tek kuyruklu)	0,105
p değeri (çift kuyruklu)	0,211

Tablo 4.4 incelendiğinde Kendall tau değeri 0,120 ve bu değere ilişkin z değeri 1,250'dir. "Yayın yanlılığı yoktur" şeklinde ifade edilen sıfır hipotezi test edilmiş, tek kuyruklu p değeri 0,105 ve çift kuyruklu p değeri 0,211 olarak bulunmuştur. Bulunan p değerlerine göre sonuç anlamlı değildir ($p>0,05$). Buna göre, yayın yanlılığının olmadığı söylenebilir (Begg ve Mazumdar, 1994).

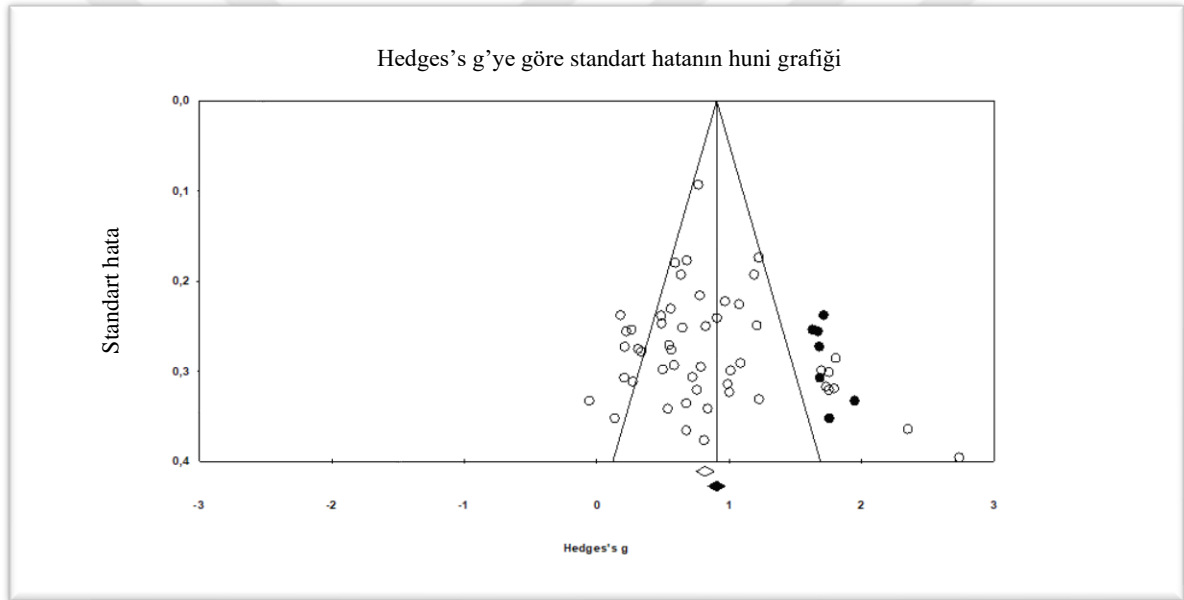
Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemi

Matematik başarısı ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemine göre elde edilen bulgular Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Matematik başarısı ile ilgili çalışmaların Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemine göre yayın yanlılığı bulguları.

	Eksik çalışma sayısı	EB	Alt sınır	Üst sınır	Q
Gözlenen değer	-	0,884	0,711	0,977	174,532
Düzeltilen değer	7	0,951	0,814	1,089	239,910

Tablo 4.5 incelendiğinde 7 eksik çalışma rapor edilmiştir. Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemine göre belirlenen 7 çalışma meta-analize dâhil edildiğinde gözlenen çalışmalardan elde edilen etki büyüklüğü değeri (0,884) 0,951 olarak değişmektedir. Gözlenen değer ile düzeltilen değer arasındaki farkın önemsiz düzeyde olması yayın yanlılığının olmadığı anlamına gelmektedir (Card, 2012). Gözlenen ve tahmin edilen değerlere ilişkin dağılım Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Matematik başarısına ilişkin Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemine göre belirlenen huni grafiği.

4.1.2. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklüğü bulguları

Matematik başarısı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların her biri için Hedges's g, standart hata, varyans, %95 güven aralığı alt sınır ile üst sınır, z ve p değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Matematik başarısı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmalara ilişkin Hedges's g bulguları.

Çalışma adı	Hedges's g	Standart hata	Varyans	Alt sınır	Üst sınır	z	p
Aktaş, 2019	0,486	0,238	0,057	0,019	0,953	2,041	0,041
Armutcu ve Bal, 2022	0,491	0,247	0,061	0,007	0,975	1,986	0,047
Bakırcı, 2016	0,837	0,342	0,117	0,168	1,506	2,451	0,014
Betanga, 2018	1,732	0,317	0,101	1,110	2,353	5,460	0,000*
Birinci Kara, 2020	0,988	0,314	0,099	0,372	1,603	3,142	0,002
Büyükadıgüzel, 2019a	0,337	0,278	0,077	-0,209	0,882	1,210	0,226
Büyükadıgüzel, 2019b	0,211	0,273	0,074	-0,323	0,746	0,776	0,438
Çelikkol, 2016	1,225	0,331	0,110	0,576	1,874	3,701	0,000*
Çiltaş, 2011	0,908	0,241	0,058	0,436	1,380	3,770	0,000*
Cinislioğlu, 2017	0,755	0,321	0,103	0,126	1,383	2,354	0,019
Czocher, 2017	2,350	0,364	0,133	1,636	3,064	6,453	0,000*
DeBay, 2013	1,223	0,174	0,030	0,882	1,564	7,038	0,000*
Delikanlı, 2019	1,208	0,249	0,062	0,720	1,696	4,849	0,000*
Dışbudak, 2014	0,223	0,256	0,065	-0,278	0,724	0,871	0,384
Doerr ve ark., 2014a	1,002	0,323	0,104	0,369	1,636	3,100	0,002
Doerr ve ark., 2014b	0,778	0,216	0,047	0,355	1,201	3,606	0,000*
Doruk, 2010a	0,823	0,250	0,062	0,333	1,313	3,293	0,001
Doruk, 2010b	0,785	0,295	0,087	0,207	1,363	2,661	0,008
Ellington, 2005	0,768	0,093	0,09	0,585	0,950	8,240	0,000*
Emlek, 2007a	0,592	0,180	0,032	0,240	0,944	3,297	0,001
Emlek, 2007b	0,636	0,193	0,037	0,258	1,013	3,298	0,001
Ergene, 2019	1,697	0,299	0,089	1,111	2,283	5,675	0,000*
Erol, 2015	1,805	0,285	0,081	1,246	2,364	6,325	0,000*
Freeman, 2014	-0,056	0,333	0,111	-0,708	0,596	-0,168	0,867
İlhan, 2021	0,136	0,352	0,124	-0,554	0,827	0,387	0,699
Işık, 2016	0,262	0,254	0,064	-0,235	0,760	1,033	0,302
Johnson ve Galluzzo, 2014a	0,558	0,231	0,053	0,107	1,010	2,422	0,015
Johnson ve Galluzzo, 2014b	0,179	0,238	0,057	-0,287	0,645	0,753	0,451
Kabadaş ve Yavuz Mumcu, 2022	0,811	0,377	0,142	0,073	1,549	2,153	0,031
Karabörk, 2016	0,584	0,293	0,086	0,009	1,158	1,991	0,046
Karacı Yaşa ve Karataş, 2018	1,754	0,321	0,103	1,125	2,383	5,463	0,000*
Kaya, 2019	0,564	0,276	0,076	0,022	1,105	2,040	0,041
Kertil, 2008	0,680	0,177	0,031	0,333	1,027	3,842	0,000*
Koç, 2022	0,723	0,306	0,094	0,122	1,323	2,359	0,018
Kurt, 2019	1,010	0,299	0,089	0,424	1,596	3,376	0,001
Kurtuluş Kayan, 2019	1,085	0,291	0,085	0,515	1,655	3,730	0,000*
Nam, 2018	0,272	0,311	0,097	-0,338	0,883	0,874	0,382
Nourallah ve Farzad, 2012	1,753	0,301	0,091	1,164	2,343	5,826	0,000*
Özer Demir, 2022	1,075	0,226	0,051	0,633	1,517	4,766	0,000*
Özturan Sağırlı, 2010	0,677	0,336	0,113	0,019	1,334	2,017	0,044
Pazarcı Çelenk, 2019	0,208	0,307	0,094	-0,394	0,810	0,677	0,498
Perk, 2019a	0,536	0,342	0,117	-0,134	1,206	1,569	0,117
Perk, 2019b	0,313	0,275	0,076	-0,227	0,852	1,136	0,256
Sandalcı, 2013	0,646	0,252	0,063	0,153	1,139	2,567	0,010
Tezer ve Cumhuriyet, 2017	2,740	0,396	0,157	1,964	3,515	6,921	0,000*
Tuluk, 2007	0,675	0,366	0,134	-0,042	1,392	1,846	0,065
Türksever, 2019	0,498	0,298	0,089	-0,086	1,082	1,672	0,095
Yazır, 2015	0,968	0,222	0,049	0,532	1,404	4,353	0,000*
Yıldırım ve Işık, 2015	0,547	0,271	0,073	0,016	1,078	2,019	0,043
Yılmaz, 2015	1,188	0,193	0,037	0,811	1,566	6,165	0,000*
Zihar, 2018	1,793	0,319	0,102	1,167	2,418	5,619	0,000*

*p<0,05

Tablo 4.6 incelendiğinde Hedges's g değerleri -0,056 ile 2,740 arasında değişmektedir. Hedges's g değerinin en büyük 2,740 ile Tezer ve Cumhuriyet (2017), en küçük -0,056 ile Freeman

(2014) çalışmalarına ait olduğu görülmektedir. Büyükdıgüzel (2019a; 2019b), Dışbudak (2014), Freeman (2014), İlhan (2021), Işık (2016), Johnson ve Galluzzo (2014b), Nam (2018), Pazarcı Çelenk (2019), Perk (2019a; 2019b), Tuluk (2007) ve Türksever (2019) tarafından yapılan çalışmalardaki etki büyüklüklerinin p değerleri incelendiğinde bu değerlerin anlamlı olmadığı görülmektedir ($p>0,05$).

Etki büyüklüklerinin yönlerine göre dağılımı belirlenmiş ve bu dağılım Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7. Matematik başarısı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların etki büyüklüklerinin yönlerine göre frekans ve yüzde dağılımı.

Etki büyüklüğü yönü	f	%
Pozitif	50	98
Negatif	1	2
Nötr	0	0
Toplam	51	100

Tablo 4.7 incelendiğinde yönü pozitif olan 50 (%98) ve yönü negatif olan 1 (%2) etki büyüklüğü bulunmaktadır. Nötr olan herhangi bir etki büyüklüğü bulunmamaktadır.

Etki büyüklüklerinin düzeylerine göre dağılımı belirlenmiş ve bu dağılım Tablo 4.8’de verilmiştir. Etki büyüklüklerinin düzeylerine göre sınıflandırılması Thalheimer ve Cook’a (2002) göre yapılmıştır.

Tablo 4.8. Matematik başarısı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların etki büyüklüklerinin düzeylerine göre frekans ve yüzde dağılımı.

Etki büyüklüğü düzeyi	f	%
Önemsiz	2	3,9
Düşük	8	15,7
Orta	15	29,4
Yüksek	14	27,5
Çok yüksek	4	7,8
Mükemmel	8	15,7
Toplam	51	100

Tablo 4.8 incelendiğinde önemsiz düzeyde 2 (%3,9), düşük düzeyde 8 (%15,7), orta düzeyde 15 (%29,4), yüksek düzeyde 14 (%27,5), çok yüksek düzeyde 4 (%7,8) ve mükemmel düzeyde 8 (%15,7) etki büyüklüğü bulunmaktadır. Orta ve yüksek düzeyde bulunan etki büyüklüklerinin sayıca diğerlerinden fazla olduğu görülmektedir.

4.1.3. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların heterojenlik testi ve ortalama etki büyüklüğü bulguları

Matematik başarısı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların heterojenlik testi ve ortalama etki büyüklüğü bulguları Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9. Matematik başarısı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların heterojenlik testi ve ortalama etki büyüklüğü bulguları.

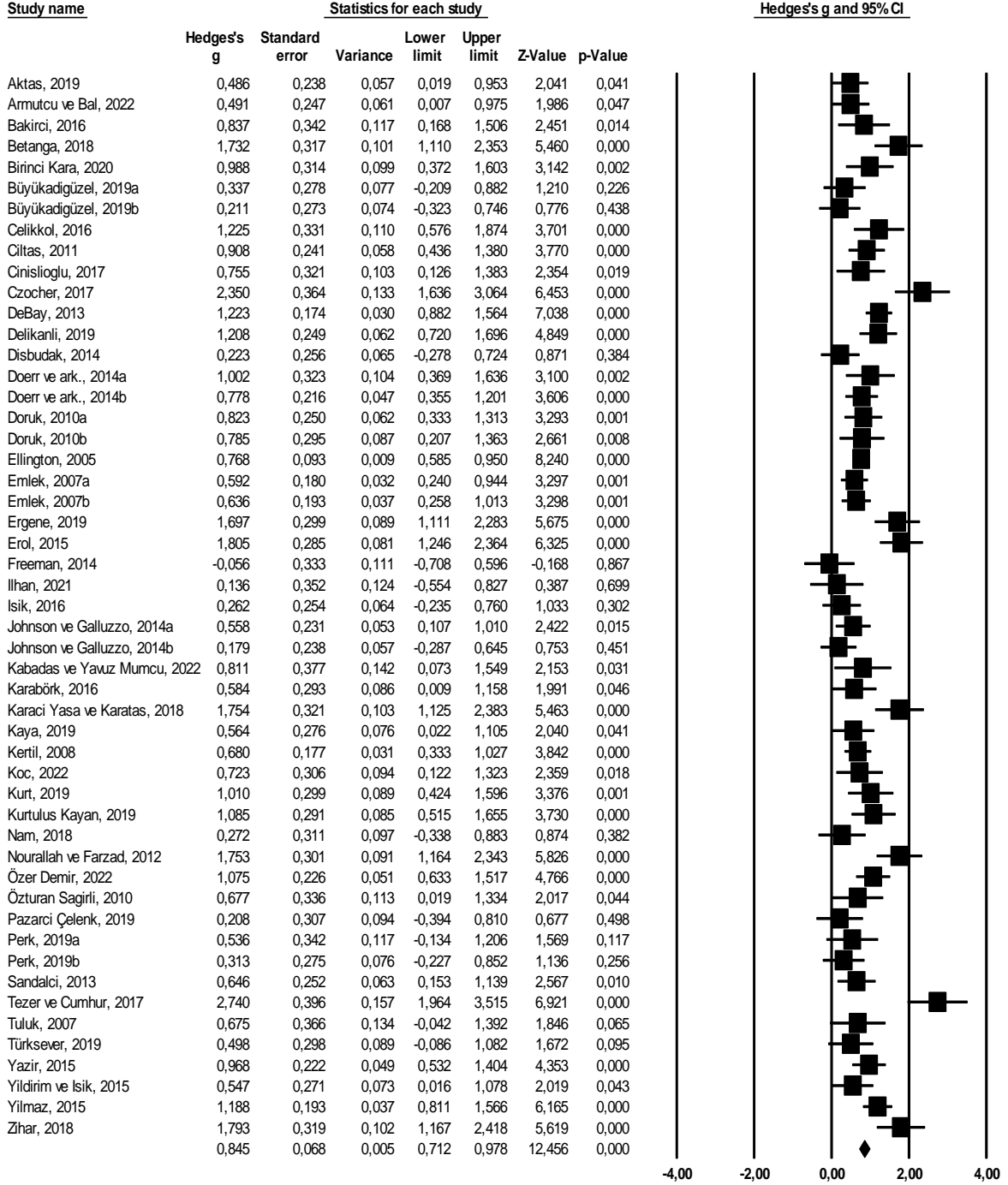
Model	k	\overline{EB}	z	p	Standart hata	%95 güven aralığı		sd	Q	p	I ²
						Alt sınır	Üst sınır				
Sabit etkiler modeli	51	0,816	23,400	0,000*	0,035	0,748	0,884	50	174,533	0,000*	71,352
Rastgele etkiler modeli	51	0,845	12,456	0,000*	0,068	0,712	0,978				

*p<0,05

Tablo 4.9 incelendiğinde sabit etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü 0,035 standart hata ve 0,748 ile 0,884 %95 güven aralığında 0,816; rastgele etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü 0,068 standart hata ve 0,712 ile 0,978 %95 güven aralığında 0,845 olarak hesaplanmıştır. Her iki modelde de bulunan ortalama etki büyüklüğü değeri, Thalheimer ve Cook’un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir.

Tablo 4.9 heterojenlik testi bulguları incelendiğinde p değeri 0,000; Q değeri 174,533 olarak bulunmuştur. Q değeri (174,533) 50 serbestlik derecesi ve 0,05 anlamlılık düzeyi ki-kare tablo değerinden (67,505) büyüktür. Bulunan p değerinin 0,05’ten küçük olması ve Q değerinin kritik değerden büyük olması anlamlıdır ($Q > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Buna göre, matematik başarısı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmalardan elde edilen etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir. Ayrıca heterojenlik düzeyi için I² istatistik değerine (71,352) bakıldığında bu değer %75’e yakın olması yeterli ve yüksek dereceye yakın heterojenliğe işaret etmektedir (Higgins ve ark., 2003).

Etki büyüklüklerinin heterojen dağılım göstermesi nedeniyle ortalama etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Rastgele etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü değeri (Hedges g’ye göre) 0,068 standart hata ve 0,712 ile 0,978 %95 güven aralığında 0,845 olarak bulunmuştur. Bu değer Thalheimer ve Cook’un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Orman grafiği Şekil 4.3’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Matematik başarısı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmalara ilişkin orman grafiği.

Uç değer şeklinde yorumlanabilecek Tezer ve Cumhuri (2017) ile Czocher'a (2017) ait çalışmaların etki büyüklükleri meta-analize alınmadığında ortalama etki büyüklüğü (0,845) 0,791 olarak değişmektedir. Ortalama etki büyüklüğünün ciddi oranda değişmemesi, Thalheimer ve Cook'a (2002) ait sınıflamaya göre düzeyinin aynı kalması nedenlerinden (Dinçer, 2021) dolayı herhangi bir çalışma meta-analiz dışı bırakılmamıştır.

4.1.4. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların moderatör analiz bulguları

Matematik başarı kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir. Etki büyüklükleri arasındaki heterojenliğin kaynağı moderatör analizler sayesinde belirlenebilir. “Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi, çalışmaların yayın yılına, yayın türüne, uygulanan ülke, araştırma desenine, öğretim kademesine, öğrenme alanına/konuya, uygulama süresine, örneklem büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?” problemine yanıt aramak için moderatör analizler gerçekleştirilmiştir.

Yayın yılına ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri yıllara göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Yayın yılına göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10. Matematik başarısına ilişkin yayın yılı heterojenlik testi analiz bulguları.

Yayın yılı	Kritik değer	Q	sd	p	I ²
2005	-	0,000	0	1,000	0,000
2007	5,991	0,053	2	0,974	0,000
2008	-	0,000	0	1,000	0,000
2010	5,991	0,124	2	0,940	0,000
2011	-	0,000	0	1,000	0,000
2012	-	0,000	0	1,000	0,000
2013	3,841	3,564	1	0,059	71,945
2014	11,071	9,824	5	0,080	49,106
2015	7,815	10,817	3	0,013	72,266
2016	7,815	5,702	3	0,127	47,388
2017	5,991	18,543	2	0,000*	89,215
2018	7,815	16,910	3	0,001	82,259
2019	19,675	29,210	11	0,002	62,341
2020	-	0,000	0	1,000	0,000
2021	-	0,000	0	1,000	0,000
2022	7,815	3,116	3	0,374	3,731

*p<0,05

Tablo 4.10 incelendiğinde 2005, 2008, 2011, 2012, 2020, 2021 yıllarında yapılan çalışmaların p değerleri 1,000; Q değerleri 0,000 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni gruplardaki çalışma sayısının sadece birer adetle sınırlı olmasıdır. Bu hesaplamalar beklenen bir durumdur. Belirtilen yıllarda yapılan çalışma sayılarının birer adet, hesaplanan p değerlerinin 0,05’ten büyük ve Q değerlerinin 0,000 olması grupların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2007 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,974; Q değeri 0,053

olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2010 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,940; Q değeri 0,124 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2013 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,059; Q değeri 3,564 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2014 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,080; Q değeri 9,824 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (11,071) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2016 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,127; Q değeri 5,702 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik (7,815) değerden küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2022 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,374; Q değeri 3,116 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (7,815) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2015 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,013; Q değeri 10,817 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (7,815) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2017 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 18,543 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2018 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,001; Q değeri 16,910 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (7,815) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2019 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,002; Q değeri 29,210 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (19,675) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.11'de verilmiştir.

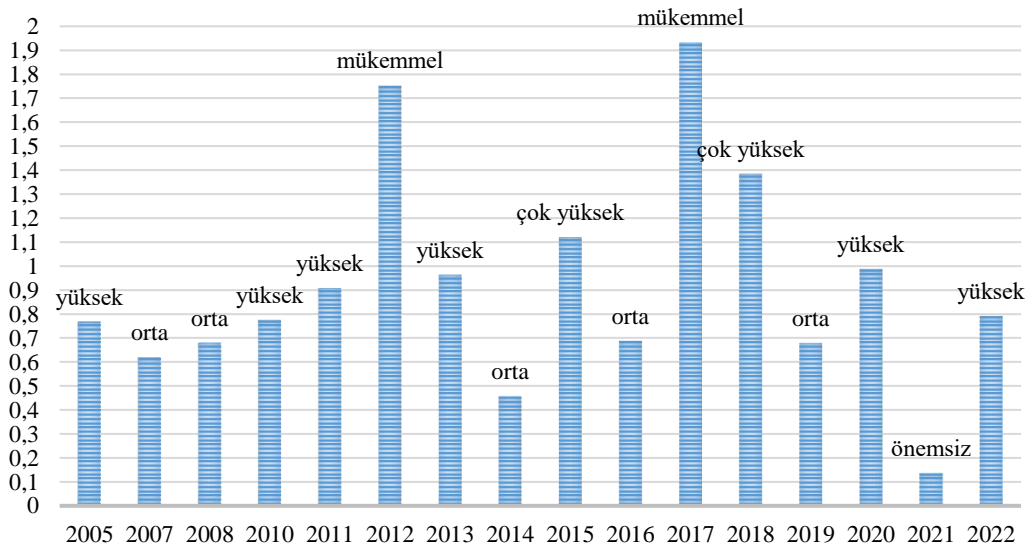
Tablo 4.11. Matematik başarısına ilişkin yayın yılı moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	\bar{EB}	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q_B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Yayın yılı	2005	1	0,768	0,093	0,585	0,950	8,240	0,000*				
	2007	3	0,620	0,124	0,377	0,862	5,010	0,000*				
	2008	1	0,680	0,177	0,333	1,027	3,842	0,000*				
	2010	3	0,775	0,166	0,450	1,100	4,677	0,000*				
	2011	1	0,908	0,241	0,436	1,380	3,770	0,000*				
	2012	1	1,753	0,301	1,164	2,343	5,826	0,000*				
	2013	2	0,963	0,287	0,400	1,526	3,353	0,001				
	2014	6	0,456	0,149	0,164	0,748	3,066	0,002				
	2015	4	1,120	0,227	0,675	1,565	4,928	0,000*	24,996	30,372	15	0,011
	2016	4	0,689	0,208	0,281	1,098	3,308	0,001				
	2017	3	1,933	0,631	0,695	3,170	3,061	0,002				
	2018	4	1,385	0,376	0,647	2,123	3,680	0,000*				
	2019	12	0,679	0,133	0,417	0,940	5,092	0,000*				
	2020	1	0,988	0,314	0,372	1,603	3,142	0,002				
	2021	1	0,136	0,352	-0,554	0,827	0,387	0,699				
2022	4	0,791	0,139	0,518	1,065	5,673	0,000*					
Toplam	51	0,758	0,044	0,671	0,845	17,156	0,000*					

*p<0,05

Tablo 4.11 incelendiğinde 2005 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,768 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. 2007 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,620 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. 2008 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,680 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. 2010 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,775 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. 2011 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,908 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. 2012 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 1,753 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre mükemmel düzeydedir. 2013 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,963 olarak hesaplanmıştır (p=0,001; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. 2014 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,456 olarak hesaplanmıştır (p=0,002; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. 2015 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 1,120 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre çok yüksek düzeydedir. 2016 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,689 olarak hesaplanmıştır (p=0,001; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. 2017 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 1,933 olarak hesaplanmıştır (p=0,002; p<0,05). Bu değer

Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre mükemmel düzeydedir. 2018 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 1,385 olarak hesaplanmıştır ($p=0,000$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre çok yüksek düzeydedir. 2019 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,679 olarak hesaplanmıştır ($p=0,000$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. 2020 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,988 olarak hesaplanmıştır ($p=0,002$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. 2021 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,136 olarak hesaplanmıştır ($p=0,699$; $p>0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre önemsiz düzeydedir. 2022 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,791 olarak hesaplanmıştır ($p=0,000$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Yayın yılına göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Matematik başarısına ilişkin yayın yılı etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.4 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri 2017 yılında yapılan çalışmalarda ve en küçük etki büyüklüğü değeri 2021 yılında yapılan çalışmada görülmektedir.

Tablo 4.11 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,011; Q_B değeri 30,372 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (24,996) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Yıllara göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

Yayın türüne ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri yayın türüne göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Yayın türüne göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Matematik başarısına ilişkin yayın türü heterojenlik testi analiz bulguları.

Yayın türü	Kritik değer	Q	sd	p	F²
Makale	21,026	74,838	12	0,000*	83,965
Yüksek lisans tezi	38,885	49,802	26	0,003	47,793
Doktora tezi	18,307	41,752	10	0,000*	76,049

*p<0,05

Tablo 4.12. incelendiğinde makale türünde yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 74,838 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (21,026) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Yüksek lisans tezi türünde yapılan çalışmaların p değeri 0,003; Q değeri 49,802 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (38,885) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Doktora tezi türünde yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 41,752 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (18,307) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.13’te verilmiştir.

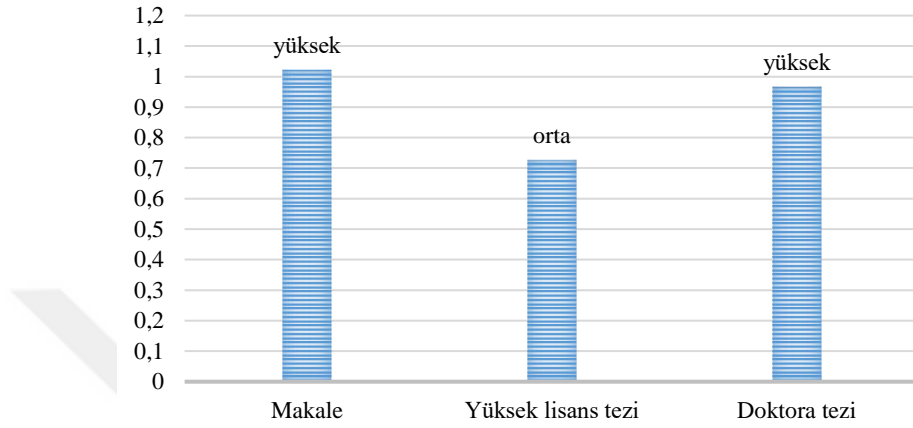
Tablo 4.13. Matematik başarısına ilişkin yayın türü moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	\bar{EB}	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q_B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Yayın türü	Makale	13	1,022	0,174	0,681	1,362	5,881	0,000*	5,991	3,666	2	0,160
	Yüksek lisans tezi	27	0,726	0,070	0,589	0,864	10,359	0,000*				
	Doktora tezi	11	0,966	0,170	0,633	1,299	5,686	0,000*				
	Toplam	51	0,793	0,061	0,674	0,912	13,060	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.13 incelendiğinde makale türünde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 1,022 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook’un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Yüksek lisans tezi türünde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,726 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve

Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Doktora tezi türünde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,966 olarak hesaplanmıştır ($p=0,000$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Yayın türüne göre oluşturulan alt gruptaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Matematik başarısına ilişkin yayın türü etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.5 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri makale türünde yapılan çalışmalarda ve en küçük etki büyüklüğü değeri yüksek lisans türünde yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.13 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,160; Q_B değeri 3,666 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) küçük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermektedir ($Q_B < \chi^2$ ve $p > 0,05$). Yayın türüne göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri homojen bir dağılım göstermektedir.

Uygulanan ülke moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri uygulanan ülke türüne göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Uygulanan ülke türüne göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Matematik başarısına ilişkin uygulanan ülke heterojenlik testi analiz bulguları.

Uygulanan ülke	Kritik değer	Q	sd	p	I ²
ABD	15,507	47,354	8	0,000*	83,106
İran	-	0,000	0	1,000	0,000
KKTC	-	0,000	0	1,000	0,000
Türkiye	54,572	92,328	39	0,000*	57,759

*p<0,05

Tablo 4.14 heterojenlik test analiz bulguları incelendiğinde uygulaması İran ve KKTC ülkelerinde yapılan çalışmaların p değerleri 1,000; Q değerleri 0,000 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni gruplardaki çalışma sayısının sadece bir adetle sınırlı olmasıdır. Bu hesaplamalar beklenen bir durumdur. Belirtilen ülkelerde yapılan çalışma sayılarının birer adet, hesaplanan p değerlerinin 0,05'ten büyük ve Q değerlerinin 0,000 olması grupların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Uygulaması ABD'de yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 47,354 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (15,507) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Uygulaması Türkiye'de yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 92,328 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (54,572) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.15'te verilmiştir.

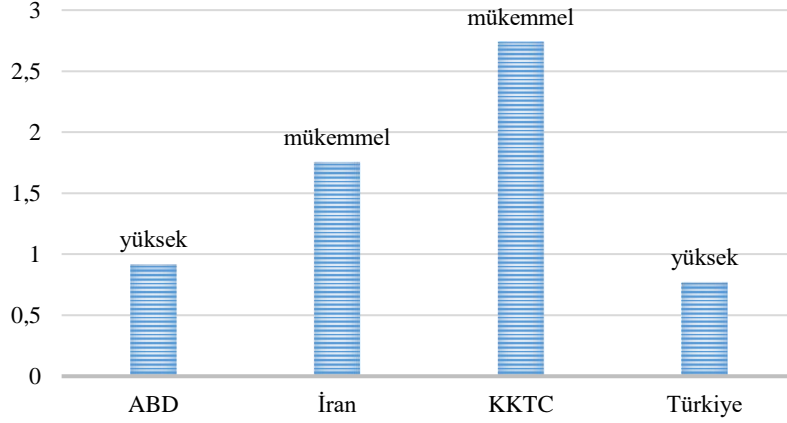
Tablo 4.15. Matematik başarısına ilişkin uygulanan ülke moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Ülke	ABD	9	0,917	0,179	0,566	1,268	5,123	0,000*	7,815	33,222	3	0,000*
	İran	1	1,753	0,301	1,164	2,343	5,826	0,000*				
	KKTC	1	2,740	0,396	1,964	3,515	6,921	0,000*				
	Türkiye	40	0,771	0,066	0,641	0,901	11,654	0,000*				
Toplam	51	0,872	0,060	0,754	0,990	14,514	0,000*					

*p<0,05

Tablo 4.15 incelendiğinde uygulaması ABD'de yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,917 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Uygulaması İran'da yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 1,753 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre mükemmel düzeydedir. Uygulaması KKTC'de yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 2,740 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre mükemmel düzeydedir. Uygulaması Türkiye'de yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,771 olarak hesaplanmıştır (p=0,000;

$p < 0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Uygulanan ülkelere göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Matematik başarısına ilişkin uygulanan ülke etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.6 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri uygulaması KKTC'de yapılan çalışmada ve en küçük etki büyüklüğü değeri uygulaması Türkiye'de yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.15 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,000; Q_B değeri 33,222 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (7,815) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Uygulanan ülkelere göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

Araştırma desenine ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri araştırma desenine göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Araştırma desenine göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16. Matematik başarısına ilişkin araştırma deseni heterojenlik testi analiz bulguları.

Araştırma deseni	Kritik değer	Q	sd	p	I ²
Zayıf deneysel	15,507	35,177	8	0,000*	77,258
Yarı deneysel	56,942	107,075	41	0,000*	61,709

* $p < 0,05$

Tablo 4.16 incelendiğinde zayıf deneysel desende yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 35,177 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin

belirlenen kritik değerden (15,507) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Yarı deneysel desende yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 107,075 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (56,942) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

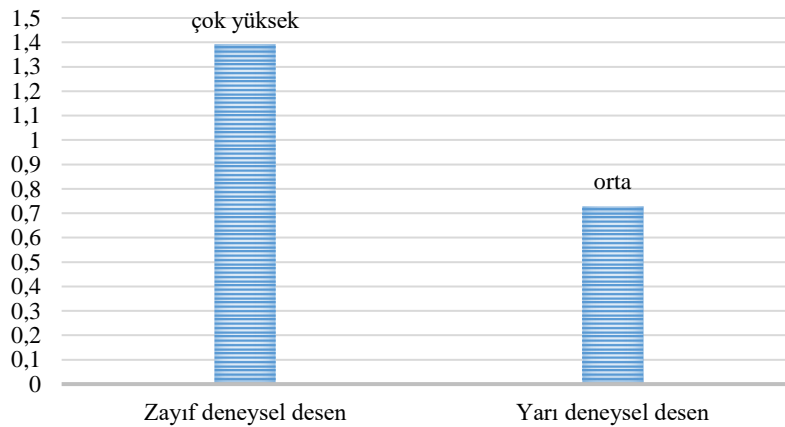
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17. Matematik başarısına ilişkin araştırma deseni moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	$\bar{E}B$	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Desen	Zayıf	9	1,391	0,033	1,037	1,745	7,697	0,000*	3,841	11,894	1	0,001
	Yarı	42	0,728	0,065	0,600	0,856	11,145	0,000*				
	Toplam	51	0,805	0,061	0,684	0,925	13,099	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.17 incelendiğinde zayıf deneysel desende yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 1,391 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre çok yüksek düzeydedir. Yarı deneysel desende yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,728 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Araştırma desenine göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Matematik başarısına ilişkin araştırma deseni etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.7 incelendiğinde büyük etki büyüklüğü değeri zayıf deneysel desende yapılan çalışmalarda ve küçük etki büyüklüğü değeri yarı deneysel desende yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.17 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,001; Q_B değeri 11,894 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Araştırma desenine göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

Öğretim kademesine ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri öğretim kademesine göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Öğretim kademesine göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.18. Matematik başarısına ilişkin öğretim kademesi heterojenlik testi analiz bulguları.

Öğretim kademesi	Kritik değer	Q	sd	p	I²
İlkokul	7,815	9,504	3	0,023	68,433
Ortaokul	35,172	63,172	23	0,000*	63,592
Lise	12,592	22,671	6	0,001	73,534
Üniversite	24,996	71,840	15	0,000*	79,120

*p<0,05

Tablo 4.18 incelendiğinde ilkökul öğretim kademesinde yapılan çalışmaların p değeri 0,023; Q değeri 9,504 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (7,815) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Ortaokul öğretim kademesinde yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 63,172 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (35,172) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Lise öğretim kademesinde yapılan çalışmaların p değeri 0,001; Q değeri 22,671 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (12,592) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Üniversite öğretim kademesinde yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 71,840 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (24,996) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

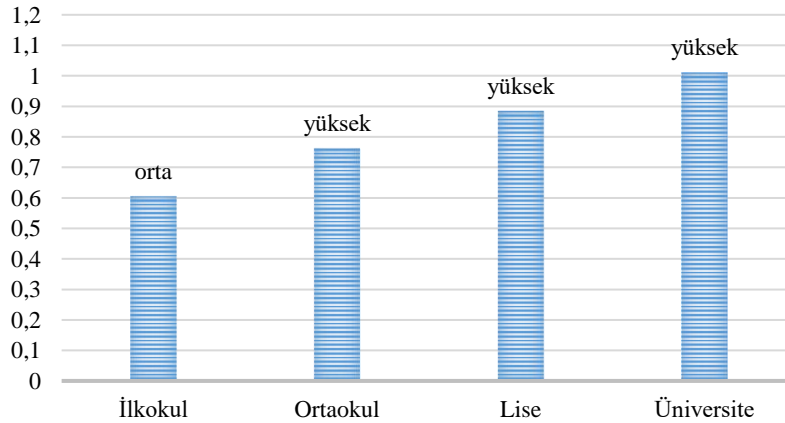
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19. Matematik başarısına ilişkin öğretim kademesi moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Kademe	İlkokul	4	0,605	0,222	0,170	1,039	2,726	0,006	7,815	3,497	3	0,321
	Ortaokul	24	0,762	0,098	0,570	0,954	7,797	0,000*				
	Lise	7	0,885	0,180	0,533	1,238	4,920	0,000*				
	Üniversite	16	1,011	0,132	0,753	1,269	7,675	0,000*				
	Toplam	51	0,832	0,068	0,698	0,966	12,159	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.19 incelendiğinde ilkokul öğretim kademesinde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,605 olarak hesaplanmıştır (p=0,006; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Ortaokul öğretim kademesinde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,762 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Lise öğretim kademesinde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,885 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Üniversite öğretim kademesinde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 1,011 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Öğretim kademesine göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

**Şekil 4.8.** Matematik başarısına ilişkin öğretim kademesi etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.8 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri üniversite kademesinde yapılan çalışmalarda ve en küçük etki büyüklüğü değeri ilkokul kademesinde yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.19 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,321; Q_B değeri 3,497 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q_B değerinin belirlenen

kritik değerden (7,815) küçük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermektedir ($Q_B < \chi^2$ ve $p > 0,05$). Öğretim kademesine göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri homojen bir dağılım göstermektedir.

Öğrenme alanına/konuya ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri öğrenme alanına/konuya göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Öğrenme alanına/konuya göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20. Matematik başarısına ilişkin öğrenme alanına/konu heterojenlik testi analiz bulguları.

Öğrenme alanına/konu	Kritik değer	Q	sd	p	I ²
Analiz	16,919	23,702	9	0,005	62,029
Cebir	21,026	36,242	12	0,000*	66,890
Diferensiyel denklemler	-	0,000	0	1,000	0,000
Geometri ve ölçme	11,070	29,358	5	0,000*	82,969
Karma (birden fazla)	18,307	39,408	10	0,000*	74,625
Belirtilmemiş	3,841	0,348	1	0,555	0,000
Sayılar ve işlemler	14,067	23,893	7	0,001	70,703

*p<0,05

Tablo 4.20 incelendiğinde analiz öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaların p değeri 0,005; Q değeri 23,702 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (16,919) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Cebir öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 36,242 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (21,026) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Diferensiyel denklemler öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmanın p değeri 1,000; Q değeri 0,000 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni gruptaki çalışma sayısının sadece bir adetle sınırlı olmasıdır. Bu hesaplamalar beklenen bir durumdur. Belirtilen öğrenme alanına/konusunda çalışma sayılarının bir adet, hesaplanan p değerlerinin 0,05’ten büyük ve Q değerlerinin 0,000 olması grubun homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 29,358 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (11,070) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Birden fazla öğrenme alanı/konusu içeren karma çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 39,408 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (18,307) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde

dağıldığını göstermektedir. Öğrenme alanı/konusu belirtilmemiş çalışmaların p değeri 0,555; Q değeri 0,348 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Sayılar ve işlemler öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaların p değeri 0,001; Q değeri 23,893 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (14,067) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.21'de verilmiştir.

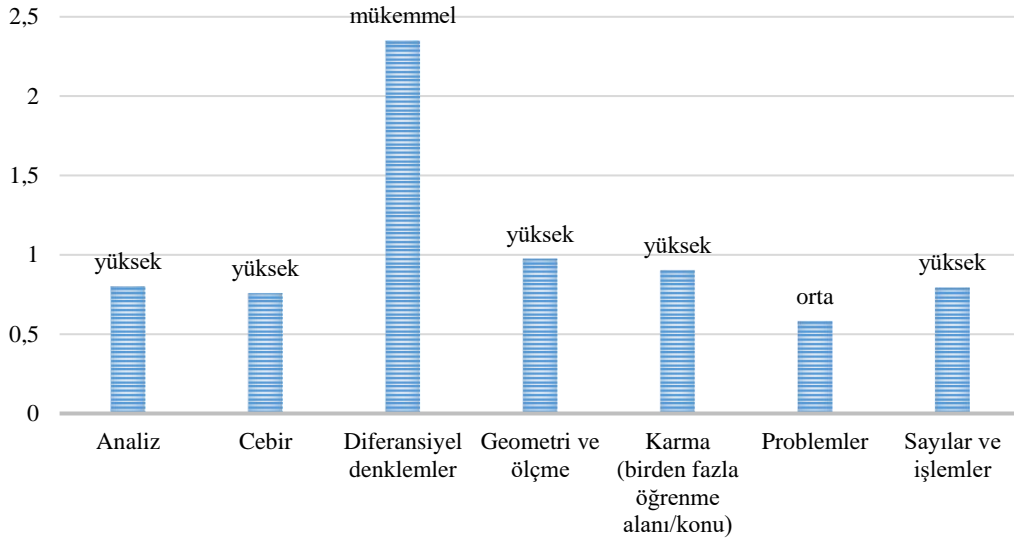
Tablo 4.21. Matematik başarısına ilişkin öğrenme alanı/konusu moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Konu	Analiz	10	0,802	0,121	0,565	1,038	6,641	0,000*	12,592	19,941	6	0,003
	Cebir	13	0,757	0,127	0,507	1,007	5,941	0,000*				
	Diferensiyel denklemler	1	2,350	0,364	1,636	3,064	6,453	0,000*				
	Geometri ve ölçme	6	0,975	0,313	0,362	1,589	3,116	0,002				
	Karma (birden fazla)	11	0,903	0,150	0,609	1,198	6,007	0,000*				
	Belirtilmemiş	2	0,582	0,192	0,205	0,959	3,027	0,002				
	Sayılar ve işlemler	8	0,794	0,184	0,434	1,154	4,327	0,000*				
	Toplam	51	0,838	0,063	0,714	0,962	13,220	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.21 incelendiğinde analiz öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,802 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Cebir öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,757 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Diferensiyel denklemler öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 2,350 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre mükemmel düzeydedir. Geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,975 olarak hesaplanmıştır (p=0,002; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Birden fazla öğrenme alanı/konusu içeren karma çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,903 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Öğrenme alanı/konusu belirtilmemiş çalışmalara ait etki büyüklüğü

değeri 0,582 olarak hesaplanmıştır ($p=0,002$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Sayılar ve işlemler öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,794 olarak hesaplanmıştır ($p=0,000$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Öğrenme alanı/konusuna göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Matematik başarısına ilişkin öğrenme alanı/konusu etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.9 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri diferansiyel denklemler öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmada ve en küçük etki büyüklüğü değeri birden fazla öğrenme alanı/konusu içeren karma çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.21 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,003; Q_B değeri 19,941 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (12,592) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Öğrenme alanı/konulara göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

Uygulama süresine ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri uygulama süresine göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Uygulama süresine göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4.22. Matematik başarısına ilişkin uygulama süresi heterojenlik testi analiz bulguları.

Uygulama süresi	Kritik değer	Q	sd	p	I ²
1 dönem veya fazla	19,675	57,845	11	0,000*	80,984
1 dönemden az	53,384	113,938	38	0,000*	66,649

*p<0,05

Tablo 4.22 incelendiğinde uygulama süresi 1 dönem veya fazla çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 57,845 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (19,675) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Uygulama süresi 1 dönemden az çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 113,938 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (53,384) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

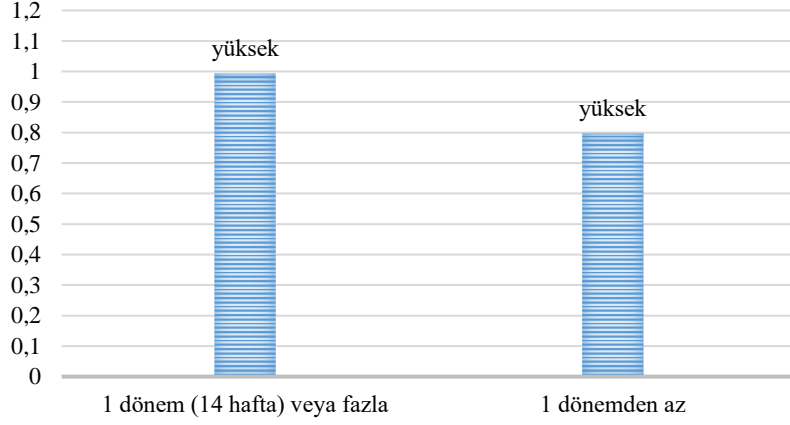
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.23'te verilmiştir.

Tablo 4.23. Matematik başarısına ilişkin uygulama süresi moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Süre	1 dönem veya fazla	12	0,993	0,151	0,697	1,290	6,560	0,000*	3,841	1,339	1	0,247
	1 dönemden az	39	0,797	0,076	0,648	0,946	10,472	0,000*				
Toplam		51	0,837	0,068	0,703	0,970	12,303	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.23 incelendiğinde uygulama süresi 1 dönem veya fazla çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,993 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Uygulama süresi 1 dönemden az çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,797 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Uygulama süresine göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Matematik başarısına ilişkin uygulama süresi etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.10 incelendiğinde büyük etki büyüklüğü değeri uygulaması 1 dönem veya fazla süren çalışmalarda ve küçük etki büyüklüğü değeri 1 dönemden az süren çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.23 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,247; Q_B değeri 1,339 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermektedir ($Q_B < \chi^2$ ve $p > 0,05$). Uygulama süresine göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri homojen bir dağılım göstermektedir.

Örneklem büyüklüğüne ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri örneklem büyüklüğüne göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Örneklem büyüklüğüne göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.24'te verilmiştir.

Tablo 4.24. Matematik başarısına ilişkin örneklem büyüklüğü heterojenlik testi analiz bulguları.

Örneklem büyüklüğü	Kritik değer	Q	sd	p	I^2
30 veya büyük	60,481	145,056	44	0,000*	69,667
30'dan küçük	11,070	11,129	5	0,047	55,472

* $p < 0,05$

Tablo 4.24 incelendiğinde örneklem büyüklüğü 30 veya büyük çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 145,056 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (60,481) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Örneklem büyüklüğü 30'dan küçük çalışmaların p değeri 0,047; Q değeri 11,129 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin

belirlenen kritik değerden (11,070) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

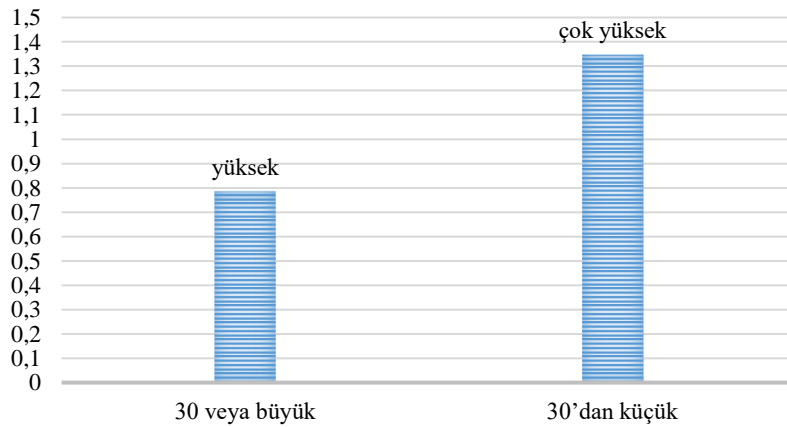
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.25'te verilmiştir.

Tablo 4.25. Matematik başarısına ilişkin örneklem büyüklüğü moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	\bar{EB}	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q_B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Örneklem büyüklüğü	30 veya büyük	45	0,785	0,069	0,651	0,920	11,451	0,000*	3,841	7,166	1	0,007
	30'dan küçük	6	1,347	0,198	0,958	1,735	6,792	0,000*				
	Toplam	51	0,845	0,065	0,718	0,972	13,042	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.25 incelendiğinde örneklem büyüklüğü 30 veya büyük çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,785 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Örneklem büyüklüğü 30'dan küçük çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 1,347 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre çok yüksek düzeydedir. Örneklem büyüklüğüne göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Matematik başarısına ilişkin örneklem büyüklüğü etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.11 incelendiğinde büyük etki büyüklüğü değeri örneklem büyüklüğü 30'dan küçük çalışmalarda ve küçük etki büyüklüğü değeri örneklem büyüklüğü 30 veya büyük çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.25 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,007; Q_B değeri 7,166 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Örneklem büyüklüğüne göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

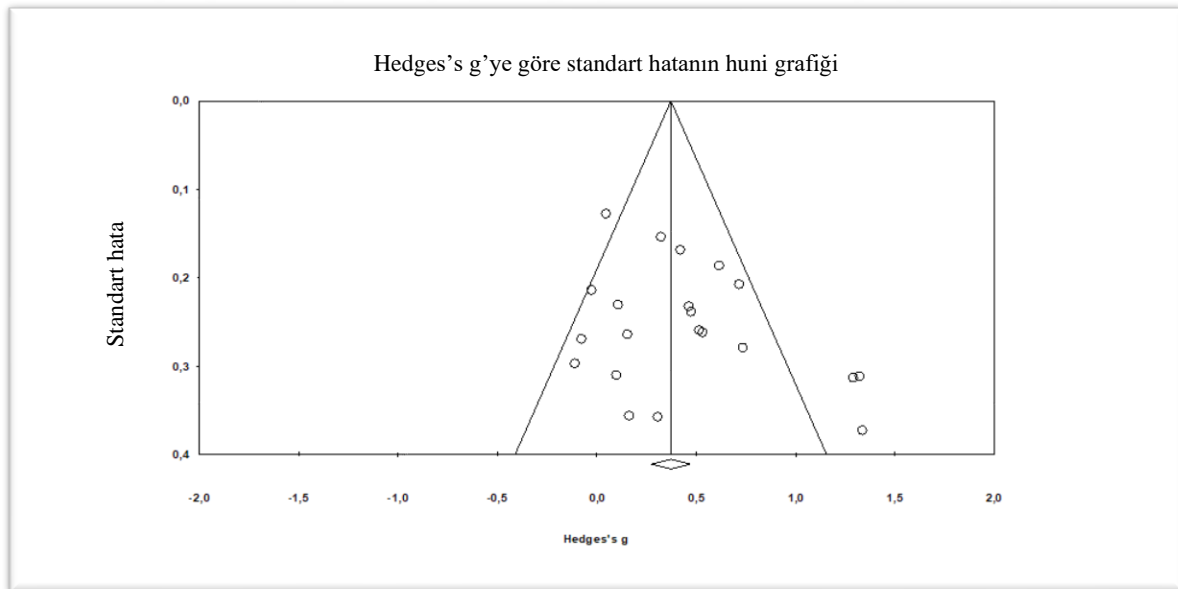
4.2. Matematiksel Modelleme ile Öğretimin Matematik Tutumuna Etkisini İnceleyen Çalışmaların Meta-Analiz Bulguları

4.2.1. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığının olup olmadığı huni grafiği, Rosenthal'ın güvenli N, Orwin'in güvenli N, Egger'in doğrusal regresyon analizi, Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu, Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemleri kullanılarak incelenmiştir.

Huni grafiği

Matematik tutumu ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan elde edilen etki büyüklüklerine ilişkin dağılım Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Matematik tutumu ile ilgili çalışmaların yayın yanlılığına ilişkin huni grafiği.

Şekil 4.12 incelendiğinde etki büyüklüklerinin birçoğunun huni grafiğinin içerisinde yer aldığı ve simetrik bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Huni grafiğinin sol alt tarafına bakıldığında bu bölgenin boş olmadığı da söylenebilir. Etki büyüklüklerinin birçoğunun huni

grafiğinin içerisinde yer alması, simetrik bir şekilde dağılması ve grafiğın sol alt tarafının boş olmaması yayın yanlılığının olmadığını gösterir (Borenstein ve ark., 2009).

Rosenthal'in güvenli N yöntemi

Matematik tutumu ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Rosenthal'in güvenli N yöntemine göre elde edilen bulgular Tablo 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4.26. Matematik tutumu ile ilgili çalışmaların Rosenthal'in güvenli N yöntemine göre yayın yanlılığı bulguları.

Gözlenen çalışmaların z değeri	7,911
Gözlenen çalışmaların p değeri	0,000*
Alfa	0,05
Yön	2
Alfa için z değeri	1,959
Gözlenen çalışma sayısı	21
p değerini alfanın üzerine çekmek için gereken kayıp çalışma sayısı (fail-safe N [FSN])	322

*p<0,05

Tablo 4.26 incelendiğinde gözlenen çalışmalardan elde edilen p değerini (0,000) alfanın (0,05) üzerine çıkarmak için gereken kayıp çalışma sayısı 322'dir. Hata koruma sayısı olarak tanımlanan bu sayı, analizden elde edilen p değerinin anlamlılığının değişmesi için eklenmesi gereken çalışma sayısını belirtir. Bu sayı, gözlenen çalışma sayısının 5 katının 10 fazlasının üzerindedir. Rosenthal'in güvenli N yöntemine göre hesaplanan hata koruma sayısının büyük olması yayın yanlılığının olmadığını gösterir (Şen ve Yıldırım, 2020).

Orwin'in güvenli N yöntemi

Matematik tutumu ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Orwin'in güvenli N yöntemine göre elde edilen bulgular Tablo 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.27. Matematik tutumu ile ilgili çalışmaların Orwin'in güvenli N yöntemine göre yayın yanlılığı bulguları.

Gözlenen çalışmalardaki Hedges's g değeri	0,371
"Önemsiz" bir Hedges's g değeri için ölçüt	0,01
Kayıp çalışmaların ortalama Hedges's g değeri	0,000
Hedges's g değerini 0,01'in altına çekmek için gereken kayıp çalışma sayısı (fail-safe N [FSN])	761

Tablo 4.27 incelendiğinde gözlenen çalışmalardaki Hedges's g değeri 0,371'dir. Bu değeri 0,010 olarak belirlenen değere indirmek için gereken çalışma sayısı 761'dir. Orwin'in güvenli N yöntemine göre hesaplanan bu sayısının büyük olması yayın yanlılığının olmadığını gösterir (Şen ve Yıldırım, 2020).

Egger'in doğrusal regresyon analizi

Matematik tutumu ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Egger'in doğrusal regresyon analizine göre elde edilen bulgular Tablo 4.28'de verilmiştir.

Tablo 4.28. Matematik tutumu ile ilgili çalışmaların Egger'in doğrusal regresyon analizine göre yayın yanlılığı bulguları.

Kesen	1,945
Standart hata	1,134
%95 güven aralığı alt sınır	-0,428
%95 güven aralığı üst sınır	4,318
t değeri	1,715
sd	19
p değeri (tek kuyruklu)	0,051
p değeri (çift kuyruklu)	0,102

Tablo 4.28 incelendiğinde kesen değeri 1,945, bu değere ait standart hata değeri 1,134 ve t değeri 1,715'tir. "Yayın yanlılığı yoktur" şeklinde ifade edilen sıfır hipotezi test edilmiş, tek kuyruklu p değeri 0,051 ve çift kuyruklu p değeri 0,102 olarak bulunmuştur. Bulunan p değerlerine göre sonuç anlamlı değildir ($p > 0,05$). Buna göre, yayın yanlılığının olmadığı söylenebilir (Egger ve ark., 1997).

Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu

Matematik tutumu ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Begg ve Mazumdar sıra korelasyonuna göre elde edilen bulgular Tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4.29. Matematik tutumu ile ilgili çalışmaların Begg ve Mazumdar sıra korelasyonuna göre yayın yanlılığı bulguları.

Tau	0,223
Tau'nun z değeri	1,419
p değeri (tek kuyruklu)	0,077
p değeri (çift kuyruklu)	0,155

Tablo 4.29 incelendiğinde Kendall tau değeri 0,223 ve bu değere ilişkin z değeri 1,419'dur. "Yayın yanlılığı yoktur" şeklinde ifade edilen sıfır hipotezi test edilmiş, tek kuyruklu p değeri 0,077 ve çift kuyruklu p değeri 0,155 olarak bulunmuştur. Bulunan p değerlerine göre sonuç anlamlı değildir ($p > 0,05$). Buna göre, yayın yanlılığının olmadığı söylenebilir (Begg ve Mazumdar, 1994).

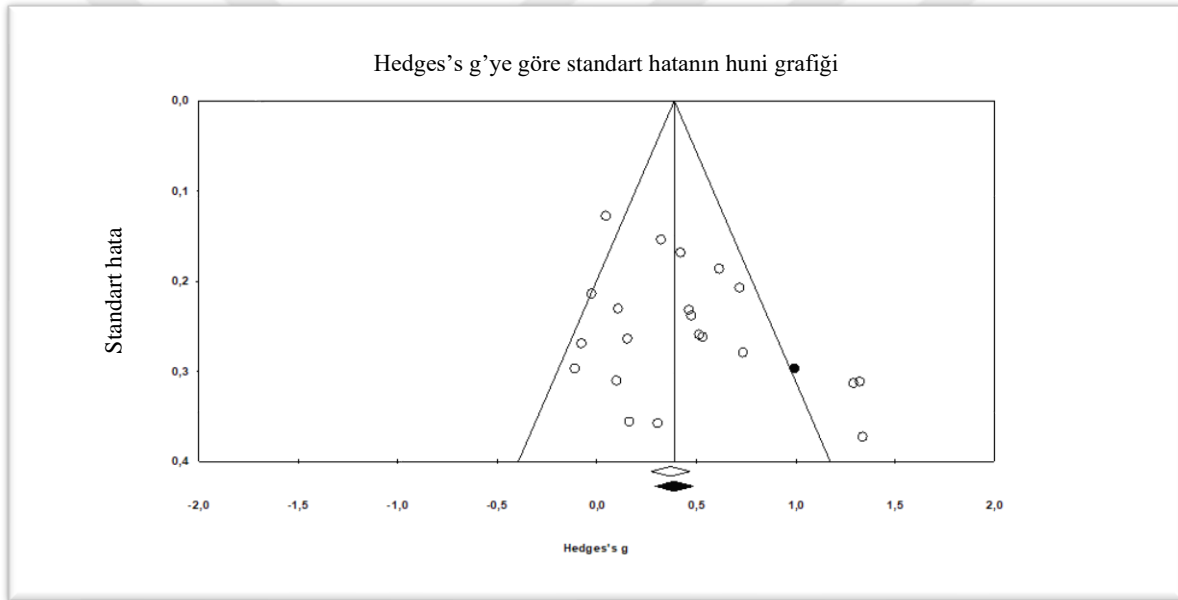
Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemi

Matematik tutumu ile ilgili meta-analize dâhil edilen çalışmalardan Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemine göre elde edilen bulgular Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30. Matematik tutumu ile ilgili çalışmaların Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemine göre yayın yanlılığı bulguları.

	Eksik çalışma sayısı	EB	Alt sınır	Üst sınır	Q
Gözlenen değer	-	0,419	0,257	0,582	50,630
Düzeltilen değer	1	0,443	0,280	0,602	54,894

Tablo 4.30 incelendiğinde 1 eksik çalışma rapor edilmiştir. Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemine göre belirlenen çalışma meta-analize dâhil edildiğinde gözlenen çalışmalardan elde edilen etki büyüklüğü değeri (0,419) 0,443 olarak değişmektedir. Gözlenen değer ile düzeltilen değer arasındaki farkın önemsiz düzeyde olması yayın yanlılığının olmadığı anlamına gelmektedir (Card, 2012). Gözlenen ve tahmin edilen değerlere ilişkin dağılım Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Matematik tutumuna ilişkin Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemine göre belirlenen huni grafiği.

4.2.2. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklüğü bulguları

Matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların her biri için Hedges's g, standart hata, varyans, %95 güven aralığı alt sınır ile üst sınır, z ve p değerleri Tablo 4.31'de verilmiştir.

Tablo 4.31. Matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmalara ilişkin Hedges's g bulguları.

Çalışma adı	Hedges's g	Standart hata	Varyans	Alt sınır	Üst sınır	z	p
Aktaş, 2019	0,475	0,238	0,057	0,008	0,942	1,994	0,046
Betanga, 2018	0,735	0,279	0,078	0,188	1,282	2,634	0,008
Delikanlı, 2019	0,463	0,232	0,054	0,009	0,918	1,999	0,046
Dışbudak, 2014	0,514	0,259	0,067	0,006	1,022	1,985	0,047
Durandt ve ark., 2022	0,154	0,264	0,070	-0,363	0,671	0,584	0,559
Durandt, 2021	0,323	0,154	0,024	0,022	0,624	2,100	0,036
Ergene, 2019	0,717	0,207	0,043	0,311	1,123	3,462	0,001
Kal, 2013	1,291	0,313	0,098	0,678	1,905	4,125	0,000*
Kandemir, 2011	0,107	0,230	0,053	-0,344	0,558	0,465	0,642
Koç, 2022	-0,077	0,269	0,072	-0,604	0,450	-0,287	0,774
Korkmaz, 2010a	0,616	0,186	0,035	0,251	0,980	3,308	0,001
Korkmaz, 2010b	0,421	0,168	0,028	0,091	0,750	2,501	0,012
Kurt, 2019	1,323	0,311	0,097	0,713	1,934	4,251	0,000*
Nam, 2018	0,099	0,310	0,096	-0,509	0,707	0,319	0,750
Özdemir, 2021	0,532	0,262	0,068	0,020	1,045	2,035	0,042
Şeker, 2019	1,338	0,373	0,139	0,607	2,068	3,590	0,000*
Tuluk, 2007	0,163	0,356	0,127	-0,534	0,861	0,459	0,646
Ünveren, 2010	0,046	0,128	0,016	-0,204	0,296	0,364	0,716
Yiğit, 2022	0,307	0,357	0,128	-0,394	1,007	0,858	0,391
Yüzseven, 2021a	-0,026	0,214	0,046	-0,445	0,393	-0,122	0,903
Yüzseven, 2021b	-0,110	0,297	0,088	-0,692	0,472	-0,371	0,711

*p<0,05

Tablo 4.31 incelendiğinde Hedges's g değerleri -0,110 ile 1,338 arasında değişmektedir. Hedges's g değerinin en büyük 1,338 ile Şeker (2019), en küçük -0,110 ile Yüzseven (2021b) çalışmalarına ait olduğu görülmektedir. Durandt ve ark. (2022), Kandemir (2011), Koç (2022), Nam (2018), Tuluk (2007), Ünveren (2010), Yiğit (2022) ve Yüzseven (2021a; 2021b) tarafından yapılan çalışmalardaki etki büyüklüklerinin p değerleri incelendiğinde bu değerlerin anlamlı olmadığı görülmektedir (p>0,05).

Etki büyüklüklerinin yönlerine göre dağılımı belirlenmiş ve bu dağılım Tablo 4.32'de verilmiştir.

Tablo 4.32. Matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların etki büyüklüklerinin yönlerine göre frekans ve yüzde dağılımı.

Etki büyüklüğü yönü	f	%
Pozitif	18	85,7
Negatif	3	14,3
Nötr	0	0
Toplam	21	100

Tablo 4.32 incelendiğinde yönü pozitif olan 18 (%85,7) ve negatif olan 3 (%14,3) etki büyüklüğü bulunmaktadır. Nötr olan herhangi bir etki büyüklüğü bulunmamaktadır.

Etki büyüklüklerinin düzeylerine göre dağılımı belirlenmiş ve bu dağılım Tablo 4.33'te verilmiştir. Etki büyüklüklerinin düzeylerine göre sınıflandırılması Thalheimer ve Cook'a (2002) göre yapılmıştır.

Tablo 4.33. Matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların etki büyüklüklerinin düzeylerine göre frekans ve yüzde dağılımı.

Etki büyüklüğü düzeyi	f	%
Önemsiz	6	28,6
Düşük	5	23,8
Orta	7	33,3
Yüksek	0	0
Çok yüksek	3	14,3
Mükemmel	0	0
Toplam	21	100

Tablo 4.33 incelendiğinde önemsiz düzeyde 6 (%28,6), düşük düzeyde 5 (%23,8), orta düzeyde 7 (%33,3) ve çok yüksek düzeyde 3 (%14,3) etki büyüklüğü bulunmaktadır. Önemsiz, düşük ve orta düzeyde bulunan etki büyüklüklerinin sayıca diğerlerinden fazla olduğu, düzeyi yüksek veya mükemmel olan herhangi bir etki büyüklüğünün bulunmadığı görülmektedir.

4.2.3. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların heterojenlik testi ve ortalama etki büyüklüğü bulguları

Matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların heterojenlik testi ve ortalama etki büyüklüğü bulguları Tablo 4.34'ta verilmiştir.

Tablo 4.34. Matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların heterojenlik testi ve ortalama etki büyüklüğü bulguları.

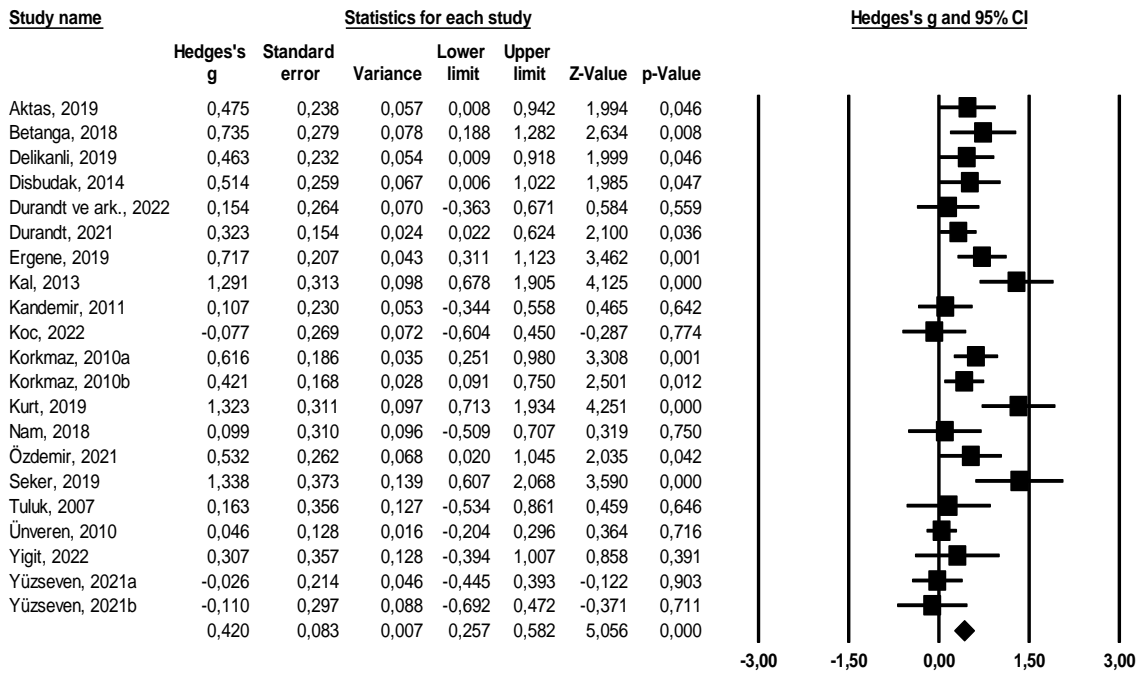
Model	k	EB	z	p	Standart hata	%95 güven aralığı		sd	Q	p	I ²
						Alt sınır	Üst sınır				
Sabit etkiler modeli	21	0,372	7,476	0,000*	0,050	0,274	0,469	20	50,631	0,000*	60,498
Rastgele etkiler modeli	21	0,420	5,056	0,000*	0,083	0,257	0,582				

*p<0,05

Tablo 4.34 incelendiğinde sabit etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü 0,050 standart hata ve 0,274 ile 0,469 %95 güven aralığında 0,372; rastgele etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü 0,083 standart hata ve 0,257 ile 0,582 %95 güven aralığında 0,420 olarak hesaplanmıştır. Sabit etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü değeri Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeyde, rastgele etkiler modeline göre orta düzeydedir.

Tablo 4.34 heterojenlik testi p değeri 0,000; Q değeri 50,631 olarak bulunmuştur. Q değeri (50,631) 20 serbestlik derecesi ve 0,05 anlamlılık düzeyi ki-kare tablo değerinden (31,410) büyüktür. Bulunan p değerinin 0,05'ten küçük olması ve Q değerinin kritik değerden büyük olması anlamlıdır ($Q > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Buna göre, matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmalardan elde edilen etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir. Ayrıca heterojenlik düzeyi için I^2 istatistik değerine (60,498) bakıldığında bu değer %50'den büyük olması yeterli ve orta dereceye yakın heterojenliğe işaret etmektedir (Higgins ve ark., 2003).

Etki büyüklüklerinin heterojen dağılım göstermesi nedeniyle ortalama etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Rastgele etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü değeri (Hedges g'ye göre) 0,083 standart hata ve 0,257 ile 0,582 %95 güven aralığında 0,420 olarak bulunmuştur. Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Orman grafiği Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmalara ilişkin orman grafiği.

4.2.4. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların moderatör analiz bulguları

Matematik tutumu kapsamında meta-analize dâhil edilen çalışmaların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir. Etki büyüklükleri arasındaki heterojenliğin kaynağı moderatör analizler sayesinde belirlenebilir. “Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi, çalışmaların yayın yılına, yayın türüne, uygulanan ülke, araştırma desenine,

öğretim kademesine, öğrenme alanına/konuya, uygulama süresine, örneklem büyüklüğüne göre anlamlı bir farklılık göstermekte midir?” problemine yanıt aramak için moderatör analizler gerçekleştirilmiştir.

Yayın yılına ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri yayın yılına göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Yayın yılına göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.35’te verilmiştir.

Tablo 4.35. Matematik tutumuna ilişkin yayın yılı heterojenlik analiz bulguları.

Yayın yılı	Kritik değer	Q	sd	p	F²
2007	-	0,000	0	1,000	0,000
2010	5,991	7,306	2	0,026	72,626
2011	-	0,000	0	1,000	0,000
2013	-	0,000	0	1,000	0,000
2014	-	0,000	0	1,000	0,000
2018	3,841	2,323	1	0,127	56,947
2019	9,488	8,758	4	0,067	54,328
2021	7,815	4,434	3	0,218	32,338
2022	5,991	0,810	2	0,667	0,000

Tablo 4.35 incelendiğinde 2007, 2011, 2013, 2014 yıllarında yapılan çalışmaların p değerleri 1,000; Q değerleri 0,000 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni gruplardaki çalışma sayısının sadece bir adetle sınırlı olmasıdır. Bu hesaplamalar beklenen bir durumdur. Belirtilen yıllarda yapılan çalışma sayılarının birer adet, hesaplanan p değerlerinin 0,05’ten büyük ve Q değerlerinin 0,000 olması grupların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2010 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,026; Q değeri 7,306 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2018 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,127; Q değeri 2,323 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2019 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,067; Q değeri 8,758 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (9,488) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. 2021 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,218; Q değeri 4,434 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (7,815) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

2022 yılında yapılan çalışmaların p değeri 0,667; Q değeri 0,810 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik (5,991) değerden küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.36'da verilmiştir.

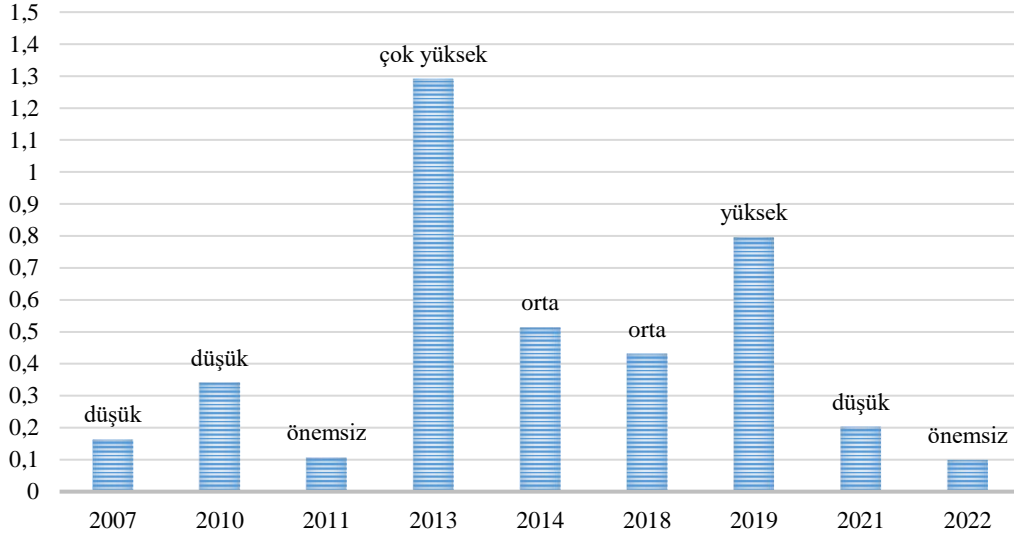
Tablo 4.36. Matematik tutumuma ilişkin yayın yılı moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Yayın yılı	2007	1	0,163	0,356	-0,534	0,861	0,459	0,646	15,507	20,870	8	0,008
	2010	3	0,341	0,176	-0,004	0,686	1,938	0,053				
	2011	1	0,107	0,230	-0,344	0,558	0,465	0,642				
	2013	1	1,291	0,313	0,678	1,905	4,125	0,000*				
	2014	1	0,514	0,259	0,006	1,022	1,985	0,047				
	2018	2	0,431	0,318	-0,191	1,054	1,358	0,174				
	2019	5	0,795	0,174	0,455	1,136	4,578	0,000*				
	2021	4	0,203	0,134	-0,060	0,466	1,515	0,130				
	2022	3	0,099	0,167	-0,228	0,425	0,592	0,554				
	Toplam	21	0,369	0,068	0,236	0,501	5,451	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.36 incelendiğinde 2007 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,163 olarak hesaplanmıştır (p=0,646; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. 2010 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,341 olarak hesaplanmıştır (p=0,053; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. 2011 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,107 olarak hesaplanmıştır (p=0,642; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre önemsiz düzeydedir. 2013 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 1,291 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre çok yüksek düzeydedir. 2014 yılında yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,514 olarak hesaplanmıştır (p=0,047; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. 2018 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,431 olarak hesaplanmıştır (p=0,174; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. 2019 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,795 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. 2021 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,203 olarak hesaplanmıştır (p=0,130; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. 2022 yılında yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,099 olarak hesaplanmıştır (p=0,554; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve

Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre önemsiz düzeydedir. Yıllara göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Matematik tutumuna ilişkin yayın yılı etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.15 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri 2013 yılında yapılan çalışmada ve en küçük etki büyüklüğü değeri 2022 yılında yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.36 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,008; Q_B değeri 20,870 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (15,507) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Yıllara göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

Yayın türüne ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri yayın türüne göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Yayın türüne göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.37'de verilmiştir.

Tablo 4.37. Matematik tutumuna ilişkin yayın türü heterojenlik testi analiz bulguları.

Yayın türü	Kritik değer	Q	sd	p	I ²
Makale	7,815	2,706	3	0,439	0,000
Yüksek lisans tezi	18,307	35,700	10	0,000*	71,989
Doktora tezi	11,070	6,208	5	0,286	19,460

*p<0,05

Tablo 4.37 incelendiğinde makale türünde yapılan çalışmaların p değeri 0,439; Q değeri 2,706 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (7,815) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Yüksek lisans tezi türünde yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 35,700 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (18,307) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Doktora tezi türünde yapılan çalışmaların p değeri 0,286; Q değeri 6,208 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (11,070) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

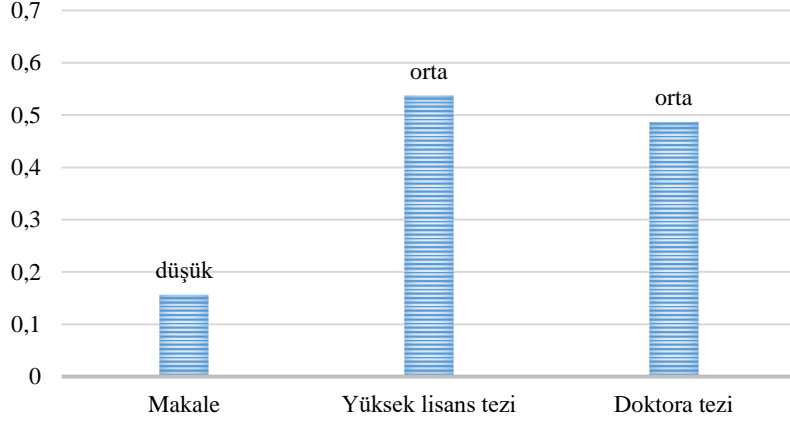
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.38'de verilmiştir.

Tablo 4.38. Matematik tutumuna ilişkin yayın türü moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınırlar	Üst sınırlar						
Yayın türü	Makale	4	0,156	0,105	-0,050	0,363	1,482	0,138				
	Yüksek lisans tezi	11	0,537	0,148	0,248	0,826	3,639	0,000*	5,991	6,705	2	0,035
	Doktora tezi	6	0,486	0,101	0,288	0,683	4,820	0,000*				
	Toplam	21	0,369	0,065	0,241	0,497	5,655	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.38 incelendiğinde makale türünde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,156 olarak hesaplanmıştır (p=0,138; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. Yüksek lisans tezi türünde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,537 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Doktora tezi türünde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,486 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Yayın türüne göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Matematik tutumuna ilişkin yayın türü etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.16 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri yüksek lisans tezi türünde yapılan çalışmalarda ve en küçük etki büyüklüğü değeri makale türünde yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.38 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,035; Q_B değeri 6,705 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Yayın türüne göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

Uygulanan ülke moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri uygulanan ülke türüne göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Uygulanan ülke türüne göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.39'da verilmiştir.

Tablo 4.39. Matematik tutumuna ilişkin uygulanan ülke heterojenlik testi analiz bulguları.

Uygulanan ülke	Kritik değer	Q	sd	p	I^2
ABD	-	0,000	0	1,000	0,000
Güney Afrika	3,841	0,305	1	0,581	0,000
Türkiye	27,587	48,156	17	0,000*	64,698

* $p < 0,05$

Tablo 4.39 incelendiğinde uygulaması ABD ülkesinde yapılan çalışmanın p değeri 1,000; Q değeri 0,000 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni grupta bulunan çalışma sayısının sadece bir adetle sınırlı olmasıdır. Bu hesaplamalar beklenen bir durumdur. Belirtilen ülkede yapılan çalışma sayılarının birer adet, hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerlerinin 0,000 olması grubun homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Uygulaması Güney

Afrika’da yapılan çalışmaların p değeri 0,581; Q değeri 0,305 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Uygulaması Türkiye’de yapılan çalışmaların p değeri 0,000; Q değeri 48,156 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (27,587) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

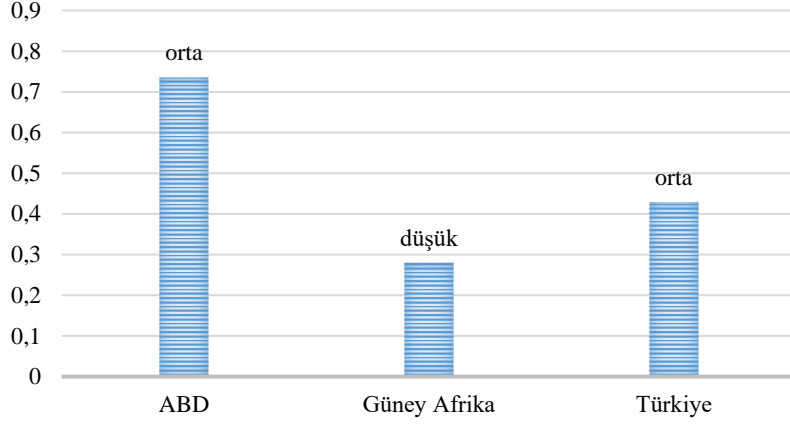
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.40’da verilmiştir.

Tablo 4.40. Matematik tutumuna ilişkin uygulanan ülke moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	$\bar{E}\bar{B}$	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q_B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Ülke	ABD	1	0,735	0,279	0,188	0,282	2,634	0,008	5,991	2,342	2	0,310
	Güney Afrika	2	0,280	0,133	0,020	0,540	2,109	0,035				
	Türkiye	18	0,429	0,096	0,240	0,618	4,445	0,000*				
	Toplam	21	0,403	0,075	0,256	0,551	5,366	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.40 incelendiğinde uygulaması ABD’de yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,735 olarak hesaplanmıştır (p=0,008; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook’un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Uygulaması Güney Afrika’da yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,280 olarak hesaplanmıştır (p=0,035; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook’un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. Uygulaması Türkiye’de yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,429 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook’un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Uygulanan ülkelere göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook’a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Matematik tutumuna ilişkin uygulanan ülke etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.17 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri uygulaması ABD’de yapılan çalışmada ve en küçük etki büyüklüğü değeri uygulaması Güney Afrika’da yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.40 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,310; Q_B değeri 2,342 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) küçük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermektedir ($Q_B < \chi^2$ ve $p > 0,05$). Uygulanan ülkelere göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri homojen bir dağılım göstermektedir.

Araştırma desenine ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri araştırma desenine göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Araştırma desenine göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.41’de verilmiştir.

Tablo 4.41. Matematik tutumuna ilişkin araştırma deseni heterojenlik testi analiz bulguları.

Araştırma deseni	Kritik değer	Q	sd	p	F^2
Zayıf deneysel	14,067	17,317	7	0,015	59,577
Yarı deneysel	21,026	26,569	12	0,009	54,835

Tablo 4.41 incelendiğinde zayıf deneysel desende yapılan çalışmaların p değeri 0,015; Q değeri 17,317 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (14,067) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Yarı deneysel desende yapılan çalışmaların p değeri 0,009; Q değeri 26,569

olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (21,026) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

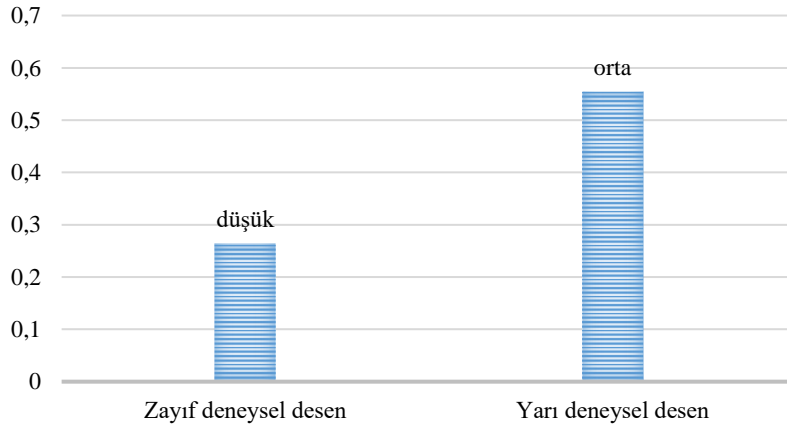
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.42'de sunulmuştur.

Tablo 4.42. Matematik tutumuna ilişkin araştırma deseni moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	\bar{EB}	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q_B	sd	p
					Alt sınırlar	Üst sınırlar						
Desen	Zayıf	8	0,264	0,106	0,056	0,472	2,482	0,013	3,841	3,362	1	0,067
	Yarı	13	0,554	0,117	0,324	0,784	4,726	0,000*				
	Toplam	21	0,395	0,079	0,241	0,549	5,014	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.42 incelendiğinde zayıf deneysel desende yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,264 olarak hesaplanmıştır (p=0,013; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. Yarı deneysel desende yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,554 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Araştırma desenine göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Matematik tutumuna ilişkin araştırma deseni etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.18 incelendiğinde büyük etki büyüklüğü değeri yarı deneysel desende yapılan çalışmalarda ve küçük etki büyüklüğü değeri zayıf deneysel desende yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.42 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,067; Q_B değeri 3,362 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q_B değerinin belirlenen

kritik değerden (3,841) küçük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermektedir ($Q_B < \chi^2$ ve $p > 0,05$). Araştırma desenine göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri homojen bir dağılım göstermektedir.

Öğretim kademesine ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri öğretim kademesine göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Öğretim kademesine göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.43'te verilmiştir.

Tablo 4.43. Matematik tutumuna ilişkin öğretim kademesi heterojenlik testi analiz bulguları.

Öğretim kademesi	Kritik değer	Q	sd	p	I²
İlkokul	-	0,000	0	1,000	0,000
Ortaokul	14,067	17,265	7	0,016	59,454
Lise	-	0,000	0	1,000	0,000
Üniversite	15,507	16,136	8	0,040	50,422
Diğer (üniversite mezunu)	3,841	0,053	1	0,818	0,000

Tablo 4.43 incelendiğinde ilkokul ve lise öğretim kademelerinde yapılan çalışmanın p değerleri 1,000; Q değerleri 0,000 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni gruplarda bulunan çalışma sayısının sadece bir adetle sınırlı olmasıdır. Bu hesaplamalar beklenen bir durumdur. Belirtilen öğretim kademelerinde yapılan çalışma sayılarının birer adet, hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerlerinin 0,000 olması grupların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Ortaokul öğretim kademesinde yapılan çalışmaların p değeri 0,016; Q değeri 17,265 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (14,067) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Üniversite öğretim kademesinde yapılan çalışmaların p değeri 0,040; Q değeri 16,136 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (15,507) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Diğer (üniversite mezunu) öğretim kademesinde yapılan çalışmaların p değeri 0,818; Q değeri 0,053 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

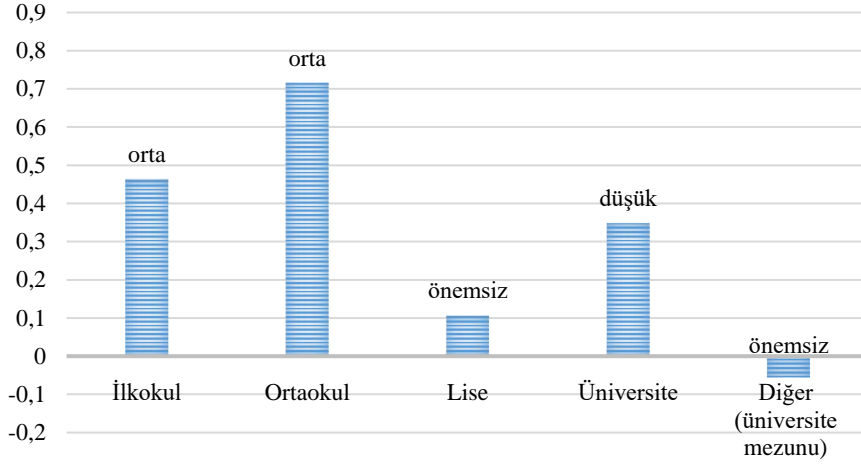
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.44'te verilmiştir.

Tablo 4.44. Matematik tutumuna ilişkin öğretim kademesi moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	\bar{EB}	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Kademe	İlkokul	1	0,463	0,232	0,009	0,918	1,999	0,046	9,488	11,636	4	0,020
	Ortaokul	8	0,715	0,165	0,391	1,038	4,328	0,000*				
	Lise	1	0,107	0,230	-0,344	0,558	0,465	0,642				
	Üniversite	9	0,348	0,097	0,157	0,538	3,582	0,000*				
	Diğer (üniversite mezunu)	2	-0,055	0,173	-0,395	0,285	-0,315	0,753				
	Toplam	21	0,337	0,068	0,203	0,471	4,923	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.44 incelendiğinde ilkökul öğretim kademesinde yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,463 olarak hesaplanmıştır (p=0,046; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Ortaokul öğretim kademesinde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,715 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Lise öğretim kademesinde yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 0,107 olarak hesaplanmıştır (p=0,642; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre önemsiz düzeydedir. Üniversite öğretim kademesinde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,348 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. Diğer öğretim kademesinde yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri -0,055 olarak hesaplanmıştır (p=0,753; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre önemsiz düzeydedir. Öğretim kademesine göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Matematik tutumuna ilişkin öğretim kademesi etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.19 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri ortaokul kademesinde yapılan çalışmalarda ve en küçük etki büyüklüğü değeri diğer (üniversite mezunu) kademesinde yapılan çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.44 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,020; Q_B değeri 11,636 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (9,488) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Öğretim kademesine göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

Öğrenme alanına/konuya ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri öğrenme alanına/konuya göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Öğrenme alanına/konuya göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.45'te verilmiştir.

Tablo 4.45. Matematik tutumuna ilişkin öğrenme alanına/konu heterojenlik testi analiz bulguları.

Öğrenme alanına/konu	Kritik değer	Q	sd	p	I^2
Analiz	3,841	7,604	1	0,006	86,850
Cebir	5,991	2,808	2	0,246	28,776
Geometri ve ölçme	-	0,000	0	1,000	0,000
Karma (birden fazla)	7,815	3,395	3	0,335	11,628
Belirtilmemiş	15,507	20,720	8	0,008	61,389
Sayılar ve işlemler	3,841	0,001	1	0,973	0,000

Tablo 4.45 incelendiğinde analiz öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaların p değeri 0,006; Q değeri 7,604 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve

Q değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Cebir öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaların p değeri 0,246; Q değeri 2,808 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmanın p değeri 1,000; Q değeri 0,000 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni grupta bulunan çalışma sayısının sadece bir adetle sınırlı olmasıdır. Bu hesaplamalar beklenen bir durumdur. Belirtilen öğrenme alanına/konusunda çalışma sayısının bir adet, hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin 0,000 olması grubun homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Birden fazla öğrenme alanı/konusu içeren karma çalışmaların p değeri 0,335; Q değeri 3,395 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (7,815) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Öğrenme alanı/konusu belirtilmemiş çalışmaların p değeri 0,008; Q değeri 20,720 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (15,507) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Sayılar ve işlemler öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaların p değeri 0,973; Q değeri 0,001 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması çalışmaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.46'da verilmiştir.

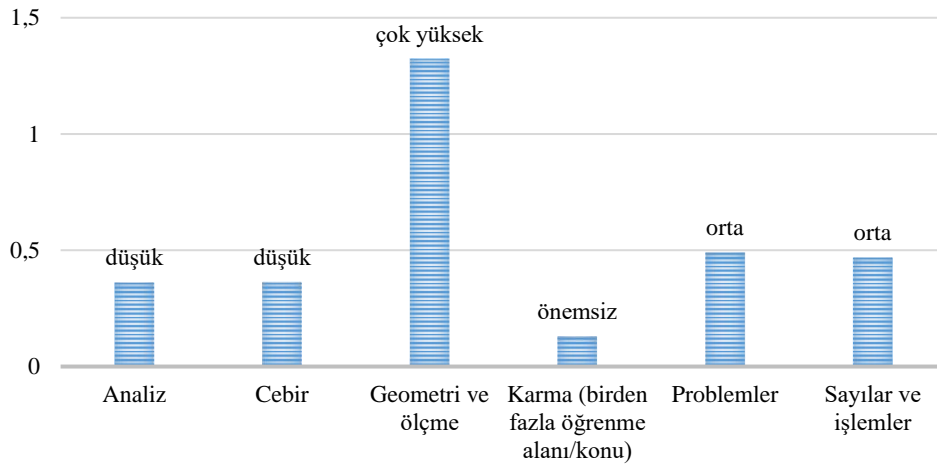
Tablo 4.46. Matematik tutumuna ilişkin öğrenme alanı/konusu moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
	Analiz	2	0,362	0,335	-0,294	1,018	1,081	0,280				
	Cebir	3	0,364	0,214	-0,055	0,783	1,702	0,089				
	Geometri ve ölçme	1	1,323	0,135	0,713	1,934	4,251	0,000*				
Konu	Karma (birden fazla)	4	0,131	0,135	-0,134	0,395	0,966	0,334	11,070	13,484	5	0,019
	Belirtilmemiş	9	0,491	0,127	0,242	0,741	3,860	0,000*				
	Sayılar ve işlemler	2	0,469	0,166	0,143	0,795	2,823	0,005				
	Toplam	21	0,409	0,072	0,268	0,550	5,696	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.46 incelendiğinde analiz öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,362 olarak hesaplanmıştır (p=0,280; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve

Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. Cebir öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,364 olarak hesaplanmıştır ($p=0,089$; $p>0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. Geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmaya ait etki büyüklüğü değeri 1,323 olarak hesaplanmıştır ($p=0,000$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre çok yüksek düzeydedir. Birden fazla öğrenme alanı/konusu içeren karma çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,131 olarak hesaplanmıştır ($p=0,334$; $p>0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre önemsiz düzeydedir. Öğrenme alanı/konusu belirtilmemiş çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,491 olarak hesaplanmıştır ($p=0,000$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Sayılar ve işlemler öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,469 olarak hesaplanmıştır ($p=0,005$; $p<0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Öğrenme alanı/konusuna göre oluşturulan alt gruptaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Matematik tutumuna ilişkin öğrenme alanı/konusu etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.20 incelendiğinde en büyük etki büyüklüğü değeri geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusunda yapılan çalışmada ve en küçük etki büyüklüğü değeri birden fazla öğrenme alanı/konusu içeren karma çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.46 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,019; Q_B değeri 13,484 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (11,070) büyük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın

olduğunu göstermektedir ($Q_B > \chi^2$ ve $p < 0,05$). Öğrenme alanı/konulara göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri heterojen bir dağılım göstermektedir.

Uygulama süresine ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri uygulama süresine göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Uygulama süresine göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.47’de verilmiştir.

Tablo 4.47. Matematik tutumuna ilişkin uygulama süresi heterojenlik testi analiz bulguları.

Uygulama süresi	Kritik değer	Q	sd	p	I ²
1 dönem veya fazla	3,841	3,967	1	0,046	74,794
1 dönemden az	28,869	43,561	18	0,001	58,678

Tablo 4.47 incelendiğinde uygulama süresi 1 dönem veya fazla çalışmaların p değeri 0,046; Q değeri 3,967 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Uygulama süresi 1 dönemden az çalışmaların p değeri 0,001; Q değeri 43,561 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05’ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (28,869) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.48’de verilmiştir.

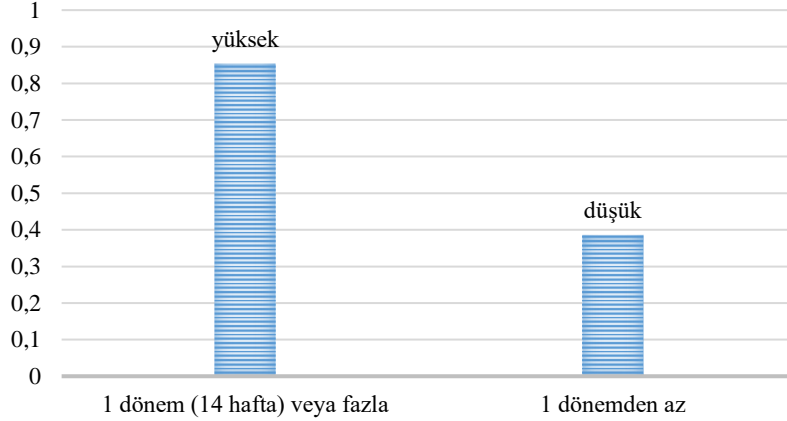
Tablo 4.48. Matematik tutumuna ilişkin uygulama süresi moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Süre	1 dönem veya fazla	2	0,852	0,434	0,001	1,703	1,961	0,050	3,841	1,114	1	0,291
	1 dönemden az	19	0,385	0,084	0,220	0,550	4,584	0,000*				
	Toplam	21	0,402	0,082	0,240	0,563	4,873	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.48 incelendiğinde uygulama süresi 1 dönem veya fazla çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,852 olarak hesaplanmıştır ($p=0,050$; $p \leq 0,05$). Bu değer Thalheimer ve Cook’un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzeydedir. Uygulama süresi 1 dönemden az çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,385 olarak hesaplanmıştır ($p=0,000$; $p < 0,05$). Bu değer

Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. Uygulama süresine göre oluşturulan alt gruptaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Matematik tutumuna ilişkin uygulama süresi etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.21 incelendiğinde büyük etki büyüklüğü değeri uygulaması 1 dönem veya fazla süren çalışmalarda ve küçük etki büyüklüğü değeri 1 dönemden az süren çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.48 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,291; Q_B değeri 1,114 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermektedir ($Q_B < \chi^2$ ve $p > 0,05$). Uygulama süresine göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri homojen bir dağılım göstermektedir.

Örneklem büyüklüğüne ait moderatör analiz bulguları

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların etki büyüklükleri örneklem büyüklüğüne göre değişmektedir. İlk olarak etki büyüklükleri alt grupların kendi içerisinde homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Örneklem büyüklüğüne göre oluşturulan alt grupların heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.49'da verilmiştir.

Tablo 4.49. Matematik tutumuna ilişkin örneklem büyüklüğü heterojenlik testi analiz bulguları.

Örneklem büyüklüğü	Kritik değer	Q	sd	p	I^2
30 veya büyük	27,587	42,393	17	0,001	59,899
30'dan küçük	5,991	7,929	2	0,019	74,775

Tablo 4.49 incelendiğinde örneklem büyüklüğü 30 veya büyük çalışmaların p değeri 0,001; Q değeri 42,393 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q

değerinin belirlenen kritik değerden (27,587) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Örneklem büyüklüğü 30'dan küçük çalışmaların p değeri 0,019; Q değeri 7,929 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten küçük ve Q değerinin belirlenen kritik değerden (5,991) büyük olması çalışmaların heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.

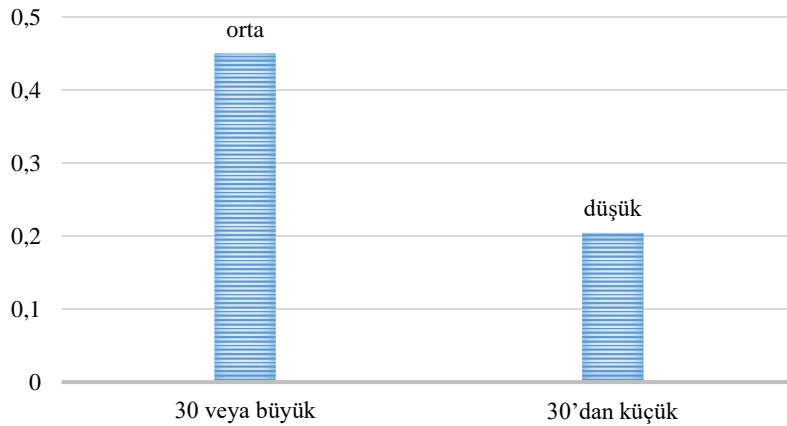
Etki büyüklükleri alt grupların kendi arasında homojen veya heterojen dağılım gösterip göstermediğine göre incelenmiştir. Her bir alt gruba ait etki büyüklükleri ile ilgili bulgular ve gruplar arasındaki heterojenlik testi analiz bulguları Tablo 4.50'de verilmiştir.

Tablo 4.50. Matematik tutumuna ilişkin örneklem büyüklüğü moderatör analiz bulguları.

Grup	Alt grup	k	EB	Standart hata	%95 güven aralığı		z	p	0,05 güven düzeyi χ^2	Q _B	sd	p
					Alt sınır	Üst sınır						
Örneklem büyüklüğü	30 veya büyük	18	0,450	0,088	0,277	0,624	5,097	0,000*	3,841	0,644	1	0,422
	30'dan küçük	3	0,204	0,294	-0,373	0,781	0,693	0,488				
	Toplam	21	0,430	0,085	0,264	0,596	5,081	0,000*				

*p<0,05

Tablo 4.50 incelendiğinde örneklem büyüklüğü 30 veya büyük çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,450 olarak hesaplanmıştır (p=0,000; p<0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzeydedir. Örneklem büyüklüğü 30'dan küçük çalışmalara ait etki büyüklüğü değeri 0,204 olarak hesaplanmıştır (p=0,488; p>0,05). Bu değer Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir. Örneklem büyüklüğüne göre oluşturulan alt gruplardaki çalışmaların etki büyüklükleri ve Thalheimer ve Cook'a (2002) göre sınıflandırılmış düzeyleri Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Matematik tutumuna ilişkin örneklem büyüklüğü etki büyüklükleri ve düzeyleri.

Şekil 4.22 incelendiğinde büyük etki büyüklüğü değeri örneklem büyüklüğü 30 veya büyük çalışmalarda ve küçük etki büyüklüğü değeri örneklem büyüklüğü 30'dan küçük çalışmalarda görülmektedir.

Tablo 4.50 gruplar arası heterojenlik bulguları incelendiğinde p değeri 0,422; Q_B değeri 0,644 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan p değerinin 0,05'ten büyük ve Q_B değerinin belirlenen kritik değerden (3,841) küçük olması alt gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermektedir ($Q_B < \chi^2$ ve $p > 0,05$). Örneklem büyüklüğüne göre oluşturulan alt grupların etki büyüklükleri homojen bir dağılım göstermektedir.



BÖLÜM 5

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde tartışma, sonuç ve öneriler başlıklarına değinilmiştir.

5.1. Tartışma

Bu bölümde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisini inceleyen çalışmaların meta-analiz yöntemiyle birleştirilmesi sonucu elde edilen bulguları tartışılmıştır.

5.1.1. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi ile ilgili tartışma

Literatürde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini inceleyen dâhil edilme kriterlerini sağlayan 45 çalışmaya ulaşılmıştır. Meta-analize dâhil edilen çalışmalardan bazıları (Büyükadıgüzel, 2019; Doerr ve ark., 2014; Doruk, 2010; Emlek, 2007; Johnson ve Galluzzo, 2014; Perk, 2019) birden fazla çalışma olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak 51 çalışma meta-analize dâhil edilmiş ve etki büyüklükleri hesaplanmıştır. Çalışmaların ilk olarak yayın yanlılığının olup olmadığı incelenmiş, daha sonra ortalama etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre hesaplanmış ve son olarak çalışmalar arasındaki varyansın kaynağı önceden belirlenen moderatörlerle açıklanmaya çalışılmıştır.

Huni grafiği, Rosenthal'ın güvenli N, Orwin'in güvenli N, Egger'in doğrusal regresyon analizi, Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu, Duval ve Tweedie'nin kırıp ve doldur yöntemlerinin bulguları ayrı ayrı incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmalarda herhangi bir yayın yanlılığının bulunmadığı söylenebilir. Ayrıca meta-analize dâhil edilen çalışmaların heterojenlik testi bulguları incelendiğinde çalışmalardan elde edilen etki büyüklüklerinin heterojen bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Heterojenliğin düzeyine bakıldığında bu düzeyin yüksek dereceye yakın olduğu belirlenmiştir. Etki büyüklüklerinin heterojen dağılım göstermesi nedeniyle ortalama etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Çalışmalar arasındaki varyansın kaynağı yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü moderatörleriyle açıklanmıştır.

Araştırmanın amacı doğrultusunda meta-analize dâhil edilen ve hesaplanan 51 çalışmanın etki büyüklükleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve bunların birbirinden farklı

büyüklik, düzey ve yönlerde olduğu görülmüştür. Örneğin, Freeman (2014) çalışmasından elde edilen etki büyüklüğünün yönü negatif ve Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düzeyi önemsiz olarak belirlenmiştir. Diğer çalışmaların etki büyüklüklerinin yönü pozitif olmakla birlikte belirtilen sınıflamaya göre farklı düzeylerde. Tüm çalışmaların ortalama etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre 0,845 (Hedges's g) olarak hesaplanmış, Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzey olarak bulunmuştur.

Literatür incelendiğinde matematiksel modellemenin başarıya etkisi ile ilgili 2 meta-analiz çalışmasına rastlanmıştır. Sokolowski (2015a) çalışmasında matematiksel modellemenin öğrencilerin matematik başarısı üzerindeki etkisini meta-analiz yöntemi kullanarak incelemiştir. Matematiksel modellemeyi ele alan 13 çalışmanın ortalama etki büyüklüğü 0,690 olarak bulunmuştur. Bu değer belirtilen sınıflandırmaya göre orta düzeydedir. Türkiye'de disiplinler arası gerçekleştirilen çalışmada (Uysal, 2021) matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısı, ders tutumu ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisini meta-analiz yöntemiyle incelenmiştir. Matematiksel modellemeyi ele alan 23 çalışmanın ortalama etki büyüklüğü 0,976 olarak bulunmuştur. Bu değer belirtilen sınıflandırma düzeyine göre yüksek düzeydedir. Ortalama etki büyüklüğü ile ilgili olarak yürütülen araştırmanın bu bulguları Türkiye'de gerçekleştirilmiş meta-analiz çalışmasının bulguları ile yakın olup yurt dışında gerçekleştirilmiş çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar yayın yılına göre incelenmiştir. Bulgular incelendiğinde 2021 yılında yayımlanan çalışmanın etki büyüklüğü düzeyi önemsiz; 2007, 2008, 2014, 2016 ve 2019 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklüğü düzeyleri orta; 2005, 2010, 2011, 2013, 2020 ve 2022 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklüğü düzeyleri yüksek; 2015 ve 2018 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklüğü düzeyleri çok yüksek; 2012 ve 2017 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklüğü düzeyleri mükemmel olarak belirlenmiştir. Çalışmaların etki büyüklükleri yayın yılına göre istatistiksel olarak farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı yıllarda yapılmış olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısına etkisini anlamlı düzeyde değiştirmektedir. 2012, 2017 ve 2018 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklükleri diğerleriyle kıyaslandığında büyüktür. Bu durum öğretim programlarındaki değişikliklerle açıklanabilir. Öğretim programlarında matematiksel modellemeye verilen önemin ve gerekliliğin vurgulanması böyle bir sonucun ortaya çıkmasında etkili olmuş olabilir. Ayrıca matematiksel modellemeye ilişkin çalışmaların sayısında 2013 yılından itibaren hızlı bir

artış görülmüştür. Koç (2020) çalışmasında 2013 yılından itibaren matematiksel modellemeye ilişkin çalışmaların sayıca düzenli bir şekilde arttığını belirlemiştir. Ancak 2021 yılında yayımlanan çalışmanın etki büyüklüğü önemsiz düzeydedir. Bu alt grup detaylı bir şekilde incelendiğinde grupta sadece bir çalışmanın olduğu görülmüştür. Bu durum etki büyüklüklerinin farklılaşma nedeni olarak düşünülmektedir. Ayrıca çalışmanın örneklemini sosyo-ekonomik düzeyi düşük bir bölgede öğrenim gören ilkokul 3. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Sosyo-ekonomik düzey ve genel başarının düşük olması matematiksel modellemenin öğrencilerin matematik başarısına etkisini azaltmış olabilir. Yayın yılına göre farklılaşan bu etkileri daha net görebilmek için belirli yılları kapsayan gruplandırmalar, analog ANOVA ve meta-regresyon analizleri yapılabilir. Literatür incelendiğinde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisini yayın yılına göre inceleyen herhangi bir meta-analiz çalışmasına rastlanmamıştır.

Meta-analize dâhil edilen çalışmaların yayın türüne göre etki büyüklükleri incelendiğinde matematiksel modelleme ile öğretim öğrencilerin matematik başarısını makale ve doktora tezi türünde yüksek düzeyde, yüksek lisans tezi türünde orta düzeyde etkilemiştir. Yayın türlerinin etki büyüklüğü düzeyleri birbirine yakın görünmektedir. Çalışmaların etki büyüklükleri istatistiksel olarak incelendiğinde yayın türüne göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu durum matematiksel modelleme ile öğretimin yayın türüne göre öğrencilerin matematik başarısına etkisinin benzer olduğunu göstermektedir. Ayrıca her bir alt grubun kendi içindeki heterojenlik testi bulguları incelendiğinde alt gruplardaki çalışmaların yeterli derecede birbirlerinden farklılaştığı görülmektedir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar uygulanan ülkelere göre incelenmiştir. Bulgulara göre Türkiye ve ABD ülkelerinde uygulanan çalışmaların etki büyüklükleri yüksek düzey, İran ve KKTC ülkelerinde uygulanan çalışmaların etki büyüklükleri mükemmel düzey olarak belirlenmiştir. Uygulanan ülkelere göre alt gruplar arasında matematiksel modelleme ile öğretiminin matematik başarısına etkisi istatistiksel olarak farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı ülkelerde yapılmış olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısına etkisini anlamlı düzeyde değiştirmektedir. Matematiksel modelleme ile öğretim, ABD ve Türkiye'deki öğrencilerin matematik başarısını benzer düzeyde etkilemiştir. Diğer ülkelere göre matematiksel modelleme ile ilgili deneysel çalışmaların Türkiye'de daha çok yapıldığı görülmektedir. Bu durum ülkemizde deneysel çalışmalara verilen önemin göstergesidir. Öğretimin öğrencilerin matematik başarısını en çok

etkilediği ülkelerin İran ve KTTC ülkeleri olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmalara bakıldığında uygulaması İran’da yapılan çalışmanın ve KKTC’de yapılan çalışmanın birer adet olduğu görülmüştür. Bu durum etki büyüklüklerinin farklılaşması nedeni olarak düşünülmektedir. Yürütülen araştırmanın moderatör analizi uygulanan ülkelerin yurt içi ve yurt dışı olarak gruplandırılmasıyla tekrarlanabilir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar araştırma desenine göre incelenmiştir. Etki büyüklüklerinin zayıf desenli çalışmalarda çok yüksek düzeyde ve yarı deneysel desenli çalışmalarda orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri alt gruplarda anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların zayıf ve yarı deneysel desende yapılmış olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısına etkisini anlamlı düzeyde değiştirmiştir. Meta-analize dâhil edilen zayıf deneysel çalışmaların tek gruplu olduğu düşünüldüğünde, dışsal değişkenlerin kontrol edilememesinden kaynaklı olarak matematiksel modelleme bu gruplarda diğerlerine göre daha etkili olmuş olabilir. Araştırmadan elde edilen bu bulgu Uysal’ın (2021) çalışmasından elde edilen bulguyla örtüşmemektedir. Uysal (2021) meta-analiz çalışmasında matematiksel modellemenin öğrencilerin akademik başarısına etkisini zayıf ve yarı deneysel desenli gruplara göre karşılaştırmış ve anlamlı bir farklılık bulmamıştır.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar öğretim kademesine göre incelenmiştir. Örneklemini ilkökul öğrencilerinin oluşturduğu çalışmaların etki büyüklükleri orta düzeyde; ortaokul, lise ve üniversite öğrencilerinin oluşturduğu çalışmaların etki büyüklükleri yüksek düzeyde bulunmuştur. Alt grup heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı öğretim kademelerinde gerçekleştirilmiş olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısına etkisini anlamlı düzeyde değiştirmemiştir. Matematiksel modellemenin gerçek hayat problemleri üzerine kurulu olması ve her seviyede bu anlamda problemlerin varlığı farklılığın oluşmaması nedenleri arasında gösterilebilir. Araştırmadan elde edilen bulgular, Uysal (2021) ve Sokolowski’nin (2015a) çalışmalarından elde edilenlerle örtüşmemektedir. Sokolowski (2015a) meta-analiz çalışmasında matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına etkisini lise ve üniversite olmak üzere 2 farklı öğretim kademesine göre karşılaştırmış ve anlamlı bir farklılık bulmuştur. Bulunan farkın lise öğrencileri lehine olduğunu açıklamış ve bu farkı üniversite öğrencilerinin eski düşünme biçimlerini bırakmakta zorluk yaşamasına bağlamıştır. Aynı şekilde Uysal (2021) meta-analiz çalışmasında matematiksel modellemenin öğrencilerin

akademik başarısına etkisini ortaokul, lise ve üniversite olmak üzere öğretim kademelerine göre karşılaştırmış ve anlamlı bir farklılık bulmuştur. Bulunan farkın üniversite öğrencileri lehine olduğunu açıklamış ve bu farkı okul derslerinde verilmeye başlanan matematiksel modelleme uygulamalarıyla birlikte değişen LGS sınav sistemine bağlamıştır. Ayrıca bulgular ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde öğretim kademesi arttıkça etki büyüklüğünün arttığı görülmektedir. Bu durum anlamlı düzeyde bir farklılık göstermese de hem düzey hem de sayısal olarak matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarılarını olumlu yönde etkilediği şeklinde yorumlanabilir. Bunun nedeni olarak matematiksel modellemenin seviyeyle birlikte daha çok kullanılması ve başarıyı daha çok etkilemesi söylenebilir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar öğrenme alanına/konusuna göre incelenmiştir. Öğrenme alanı/konusu belirtilmemiş çalışmaların etki büyüklükleri orta düzeyde; analiz, cebir, geometri ve ölçme, karma (birden fazla), sayılar ve işlemler olan çalışmaların etki büyüklükleri yüksek düzeyde ve diferensiyel denklemler olan çalışmanın etki büyüklüğü mükemmel düzeyde bulunmuştur. Alt grup heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı öğrenme alanlarında/konularda gerçekleştirilmiş olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısına etkisini anlamlı düzeyde değiştirmiştir. Öğrenme alanı/konuları dikkatli bir şekilde incelendiğinde hem düzey hem de sayısal olarak bu farkın diferensiyel denklemler öğrenme alanında/konusunda olduğu görülmüştür. Dikkat çekici bir diğer nokta, diferensiyel denklemler öğrenme alanı/konusunu içeren çalışma dışında diğer öğrenme alanı/konuları içeren çalışmaların etki büyüklüklerinin hem sayısal hem de düzey olarak birbirlerine yakın olmasıdır. Diferensiyel denklemler dersinin yapısı itibari ile daha işlemsel düzeyde olmasından kaynaklı olarak kullanılan gerçek hayat problemlerinin bahsi geçen işlemleri öğrenciler için anlamlı kılması mükemmel ilişkiyi açıklayan bir husus olarak değerlendirilebilir. Diferensiyel denklemler öğrenme alanı/konusunu içeren çalışma ister meta-analize dâhil edilsin ister dâhil edilmesin matematiksel modelleme ile öğretim öğrencilerin matematik başarısını analiz, cebir, geometri ve ölçme, karma (birden fazla), belirtilmemiş, sayılar ve işlemler alt gruplarında önemli bir şekilde etkilemektedir. Bu araştırma Sokolowski'nin (2015a) çalışmasıyla bu yönüyle benzerlik göstermektedir. Sokolowski (2015a) meta-analiz çalışmasında matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına etkisini cebir, analiz, istatistik ve olasılık, geometri konularına göre karşılaştırmış ve anlamlı bir farklılık bulmuştur. Bulunan farkın mükemmel düzeyde istatistik ve olasılık konusunda olduğunu ifade etmiştir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar uygulama süresine göre incelenmiştir. Uygulama süresi 1 dönem veya fazla olan çalışmaların etki büyüklükleri ile 1 dönemden az olan çalışmaların etki büyüklükleri yüksek düzey olarak bulunmuştur. Alt grup heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı sürelerde uygulanması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısına etkisini anlamlı düzeyde değiştirmemiştir. Dolayısıyla matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısı üzerindeki etkisinin uygulama süresinden bağımsız olduğu söylenebilir. Bu durum matematiksel modelleme ile öğretimin sürece uygun bir şekilde planlanması ve yürütülmesi dolayısıyla etkili bir şekilde uygulandığı şeklinde yorumlanabilir. Uygulama süresine bağlı olarak matematiksel modelleme sürecinin tüm adımlarının titizlikle yürütülmesi öğrencilerin matematik başarılarını aynı seviyede artırmış olabilir. Araştırmanın bu bulgusu Uysal'ın (2021) çalışmasından elde edilen bulguyla benzerlik göstermektedir. Uysal (2021) meta-analiz çalışmasında uygulama süresi ile akademik başarı değişkenleri arasında meta-regresyon analizi gerçekleştirmiş ve doğrusal bir ilişkinin bulunmadığı ifade etmiştir. Başka bir deyişle uygulama sürelerinin etki büyüklüklerinin anlamlı yordayıcısı olmadığını ifade etmiştir. Ancak bu araştırma Sokolowski'nin (2015a) çalışmasıyla bu yönüyle örtüşmemektedir. Sokolowski (2015a) meta-analiz çalışmasında matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına etkisini kısa ve uzun süreli olmak üzere karşılaştırmış ve anlamlı bir farklılık bulmuştur. Bulunan farkın kısa süreli uygulamalar lehine olduğunu ve bu farkın deney ve kontrol gruplarından hesaplanan etki büyüklüklerinden kaynaklandığını ifade etmiştir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar örneklem büyüklüğüne göre incelenmiştir. Örneklem büyüklüğü 30 veya büyük olan çalışmaların etki büyüklükleri yüksek düzeyde ve 30'dan küçük olan çalışmaların etki büyüklükleri çok yüksek düzeyde bulunmuştur. Alt grup heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların örneklem büyüklüklerinin farklı olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik başarısına etkisini anlamlı düzeyde değiştirmiştir. Bunun nedeni, küçük gruplarda öğrenci-öğrenci, öğrenci-öğretmen iletişiminden kaynaklı olarak modelleme etkinliklerinde belirtilen süreçlerin daha etkili kullanılması olabilir. Uysal (2021) meta-analiz çalışmasında örneklem büyüklüğü ile akademik başarı değişkenleri arasında meta-regresyon analizi gerçekleştirmiş ve doğrusal bir ilişkinin bulunmadığı ifade etmiştir. Başka bir ifadeyle örneklem büyüklüğünün etki büyüklüklerinin anlamlı yordayıcısı olmadığını belirtmiştir.

5.1.2. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi ile ilgili

tartışma

Literatürde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini inceleyen dâhil edilme kriterlerini sağlayan 19 çalışmaya ulaşılmıştır. Meta-analize dâhil edilen çalışmalardan bazıları (Korkmaz, 2010; Yüzseven, 2021) birden fazla çalışma olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak 21 çalışma meta-analize dâhil edilmiş ve etki büyüklükleri hesaplanmıştır. Çalışmaların ilk olarak yayın yanlılığının olup olmadığı incelenmiş, daha sonra ortalama etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre hesaplanmış ve son olarak çalışmalar arasındaki varyansın kaynağı önceden belirlenen moderatörlerle açıklanmaya çalışılmıştır.

Huni grafiği, Rosenthal'ın güvenli N, Orwin'in güvenli N, Egger'in doğrusal regresyon analizi, Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu, Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemlerinin bulguları ayrı ayrı incelendiğinde meta-analize dâhil edilen çalışmalarda herhangi bir yayın yanlılığının bulunmadığı söylenebilir. Ayrıca meta-analize dâhil edilen çalışmaların heterojenlik testi bulguları incelendiğinde çalışmalardan elde edilen etki büyüklüklerinin heterojen bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Heterojenliğin düzeyine bakıldığında bu düzeyin orta dereceye yakın olduğu belirlenmiştir. Etki büyüklüklerinin heterojen dağılım göstermesi nedeniyle ortalama etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Çalışmalar arasındaki varyansın kaynağı yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü moderatörleriyle açıklanmıştır.

Araştırmanın amacı doğrultusunda meta-analize dâhil edilen ve hesaplanan 21 çalışmanın etki büyüklükleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve bunların birbirinden farklı büyüklük, düzey ve yönlerde olduğu görülmüştür. Örneğin, bazı çalışmaların (Koç, 2022; Yüzseven, 2021) etki büyüklükleri negatif yönlü, Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre düzeyleri önemsiz olarak belirlenmiştir. Diğer çalışmaların etki büyüklüklerinin yönü pozitif olmakla birlikte belirtilen sınıflamaya göre farklı düzeylerde dir. Tüm çalışmaların ortalama etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre 0,420 (Hedges's g) olarak hesaplanmış, Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzey olarak bulunmuştur.

Literatür incelendiğinde matematiksel modellemenin ders tutumuna etkisi ile ilgili bir adet meta-analiz çalışmasına rastlanmıştır. Uysal (2021) disiplinler arası gerçekleştirdiği çalışmasında matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına, ders tutumuna ve

matematiksel modelleme yeterliklerine etkisini meta-analiz yöntemiyle incelemiştir. Meta-analize dâhil edilen 6 çalışmanın ortalama etki büyüklüğü 0,520 olarak bulunmuştur. Bu değer belirtilen sınıflandırmaya göre orta düzeydedir. Uysal'ın (2021) bulgusu yürütülen bu araştırmanın bulgusuyla benzerlik göstermektedir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar yayın yılına göre incelenmiştir. Bulgular incelendiğinde 2007, 2010 ve 2021 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklüğü düzeyleri düşük; 2011 ve 2022 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklüğü düzeyleri önemsiz; 2013 yılında yayımlanan çalışmanın etki büyüklüğü çok yüksek; 2014 ve 2018 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklüğü düzeyleri orta; 2019 yılında yayımlanan çalışmanın etki büyüklüğü düzeyi yüksek olarak bulunmuştur. Çalışmaların etki büyüklükleri yayın yılına göre istatistiksel olarak farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı yıllarda yapılmış olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik tutumuna etkisini anlamlı düzeyde değiştirmektedir. 2013 ve 2019 yıllarında yayımlanan çalışmaların etki büyüklükleri diğerlerine göre büyüktür. Ancak 2011 ve 2022 yıllarında yayımlanan çalışmanın etki büyüklük düzeyleri de önemsizdir. Çalışmaların etki büyüklükleri yıllara göre düzgün olmamakla birlikte bir artış göstermekte, özellikle son yıllarda belirgin bir şekilde azalmaktadır. Bu farklılığı daha net görebilmek için belli yılları kapsayan gruplandırmalar, analog ANOVA ve meta-regresyon analizleri yapılabilir. Son yıllara doğru çalışmaların sayısında bir artışın olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum yapılandırmacı yaklaşımın öğretim programlarında yer almasıyla birlikte araştırmalarda matematiksel modellemeye verilen önemden kaynaklanabilir. Literatür incelendiğinde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisini yayın yılına göre inceleyen herhangi bir meta-analiz çalışmasına rastlanmamıştır.

Meta-analize dâhil edilen çalışmaların yayın türüne göre etki büyüklükleri incelendiğinde matematiksel modelleme ile öğretim öğrencilerin matematik tutumunu makale türünde düşük düzeyde, yüksek lisans ve doktora tezi türünde orta düzeyde etkilemiştir. Çalışmaların etki büyüklükleri yayın türüne göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Bu farklılık yüksek lisans ve doktora tezlerinden kaynaklanmaktadır. Lisansüstü tezlerde matematiksel modelleme uygulamalarına makalelere göre daha kapsamlı ve detaylı bir şekilde yer verilmesi ve sürecin bu şekilde gerçekleştirilmesi öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarını daha çok artırmış olabilir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar uygulanan ülkelere göre incelenmiştir. Bulgulara göre, Türkiye ve ABD’de uygulanan çalışmaların etki büyüklükleri orta düzey ve Güney Afrika’da uygulanan çalışmanın etki büyüklüğü düşük düzey olarak belirlenmiştir. Uygulanan ülkelere göre alt gruplar arasında istatistiksel olarak farklılaşma bulunmamaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı ülkelerde yapılmış olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik tutumuna etkisini anlamlı düzeyde değiştirmemektedir. Matematiksel modelleme ile öğretim ABD ve Türkiye’deki öğrencilerin matematik tutumunu benzer düzeyde etkilemiştir. Güney Afrika’da uygulanan çalışmaların etki büyüklüğünün küçük çıkmasının nedeni öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeyleri, merak, ilgi, motivasyon gibi duyuşsal özelliklerin düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar araştırma desenine göre incelenmiştir. Etki büyüklükleri zayıf desenli çalışmalarda düşük düzey ve yarı deneysel desenli çalışmalarda orta düzey olarak belirlenmiştir. Heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri alt gruplara göre anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların zayıf ve yarı deneysel desende yapılmış olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik tutumuna etkisini anlamlı düzeyde değiştirmemiştir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar öğretim kademesine göre incelenmiştir. Örnekleme ilkokul ve ortaokul öğrencilerinden oluşan çalışmaların etki büyüklükleri orta düzeyde, lise ve diğer (üniversite mezunu) öğrencilerinden oluşan çalışmaların etki büyüklükleri önemsiz düzeyde, üniversite öğrencilerinden oluşan çalışmaların etki büyüklükleri düşük düzeyde bulunmuştur. Alt grup heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı öğretim kademelerinde gerçekleştirilmiş olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik tutumuna etkisini anlamlı düzeyde değiştirmiştir. Bu durum düzey ilerledikçe öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarının azalması, ilköğretim kademesi dışında diğer kademelerde bulunan öğrencilerin tutumlarının belirginleşmesi ve daha zor değişmesi ile açıklanabilir. Swetman (1991), çalışmasında sınıf düzeyi yüksek olan öğrencilerin matematiğe karşı daha negatif bir tutuma sahip olduklarını ortaya koymuştur. Benzer şekilde Wilkins ve Ma (2003), sınıf düzeyi ilerledikçe öğrencilerin matematiğe yönelik tutumlarının azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Matematiksel modelleme ile öğretim diğer (üniversite mezunu) öğretim kademesi tutumlarını olumsuz etkilemiştir. Bunun nedeni bu düzeyde bulunanların mesleki bilgilerine daha çok katkı sağlandığından düşük bir etki görülmüş olabilir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar öğrenme alanına/konusuna göre incelenmiştir. Öğrenme alanında/konusunda analiz ve cebir olan çalışmaların etki büyüklükleri düşük düzeyde, geometri ve ölçme olan çalışmaların etki büyüklükleri çok yüksek düzeyde, karma (birden fazla) olan çalışmaların etki büyüklükleri önemsiz düzeyde, sayılar ve işlemler ile öğrenme alanı/konusu belirtilmemiş çalışmaların etki büyüklükleri orta düzeyde bulunmuştur. Alt grup heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı öğrenme alanlarında/konularda gerçekleştirilmesi matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik tutumuna etkisini anlamlı düzeyde değiştirmiştir. Öğrenme alanı/konuları dikkati bir şekilde incelendiğinde hem sayısal hem düzey de olarak bu farkın geometri ve ölçme öğrenme alanında/konusunda olduğu görülmüştür. Bu alt grup detaylı bir şekilde incelendiğinde grupta bir adet çalışmanın olduğu görülmüştür. Bu durum etki büyüklüklerinin farklılaşması nedeni olarak düşünülmektedir. Ayrıca geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusu ile ilgili kavramların gerçek hayat durumları ile doğrudan ilişkili olması tutum üzerindeki bu etkililiğin nedeni olarak söylenebilir. Özmen (2019) çalışmasında prizmalar ve alanı konusunda gerçekleştirilen geometri öğretimin öğrencilerin tutumlarını kayda değer bir şekilde etkilediği bulgusuna ulaşmıştır. Bu bulgu araştırmadan elde edilen bulguyu destekler niteliktedir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar uygulama süresine göre incelemiştir. Uygulama süresi 1 dönem veya fazla olan çalışmaların etki büyüklükleri yüksek düzey ve 1 dönemden az olan çalışmaların etki büyüklükleri düşük düzey olarak bulunmuştur. Alt grup heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların farklı sürelerde uygulanması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik tutumuna etkisini anlamlı düzeyde değiştirmemiştir. Anlamlı olmamasına rağmen uzun süren uygulamaların öğrencilerin matematik tutumlarını kısa süren uygulamalara göre olumlu etkilediği söylenebilir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar örneklem büyüklüğüne göre incelenmiştir. Örneklem büyüklüğü 30 veya büyük olan çalışmaların etki büyüklükleri orta düzeyde ve 30'dan küçük olan çalışmaların etki büyüklükleri düşük düzeyde bulunmuştur. Alt grup heterojenlik testi bulgularına göre etki büyüklükleri anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle çalışmaların örneklem büyüklüklerinin farklı olması matematiksel modelleme ile öğretimin öğrencilerin matematik tutumuna etkisini anlamlı düzeyde değiştirmemiştir. Anlamlı

olmasa da matematiksel modelleme ile öğretimin büyük gruplardaki öğrencilerin tutumunu daha çok etkilediği söylenebilir.

5.2. Sonuçlar

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisi meta-analiz yöntemi ile incelenmiştir. Dâhil edilme kriterlerini sağlayan çalışmalar bir araya getirilmiş ve çalışmaların etki büyüklükleri hesaplanmıştır. Çalışmaların yayın yanlılığına bakılmış ve heterojenlik sonuçları incelenmiştir. Çalışmalar arasındaki farklılıklar yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü moderatörleriyle açıklanmıştır.

5.2.1. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi ile ilgili sonuçlar

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi meta-analiz yöntemi ile incelenmiştir. Dâhil edilme kriterlerini sağlayan 51 çalışma bir araya getirilmiş ve her birinin etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Meta-analize dâhil edilen çalışmalarda yayın yanlılığının bulunmadığı söylenebilir. Çalışmaların heterojenliği incelendiğinde çalışmaların yüksek dereceye yakın düzeyde farklılaştığı belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmaların ortalama etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Meta-analize dâhil edilen çalışmaların ortalama etki büyüklüğü (0,845) Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre yüksek düzey olarak bulunmuştur. Kısaca, matematiksel modelleme ile öğretim matematik başarısını pozitif yönde ve yüksek düzeyde etkilemiştir.

Çalışmalar yayın yılına göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi yıllara göre değişmektedir. 2012, 2015, 2017 ve 2018 yıllarında matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısında daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar yayın türüne göre anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi yayın türüne göre değişmemektedir. Anlamlı olmasa da makale ve doktora tezi türünde yayımlanan çalışmaların, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısında daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar uygulanan ülkelere göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi uygulanan ülkelere

göre değişmektedir. İran ve KKTC ülkelerinde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısında daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar araştırma desenine göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi çalışmaların araştırma desenine göre değişmektedir. Zayıf deneysel desenli çalışmaların, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısında daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar öğretim kademesine göre anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi öğretim kademesine göre değişmemektedir. Anlamlı olmasa da ilkokuldan üniversiteye doğru gidildikçe matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısını artırdığı söylenebilir.

Çalışmalar öğrenme alanına/konusuna göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi çalışmaların öğrenme alanına/konusuna göre değişmektedir. Diferensiyel denklemler öğrenme alanı/konusunda matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısında daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar uygulama süresine göre anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi uygulama süresine göre değişmemektedir. Anlamlı olmasa da uzun süren (1 dönem veya fazla) matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısında daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar örneklem büyüklüğüne göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi çalışmaların örneklem büyüklüğüne göre değişmektedir. Örneklem büyüklüğü 30'dan küçük çalışmalarda matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısında daha etkili olduğu söylenebilir.

5.2.2. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi ile ilgili sonuçlar

Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi meta-analiz yöntemi ile incelenmiştir. Dâhil edilme kriterlerini sağlayan 21 çalışma bir araya getirilmiş ve her birinin etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Meta-analize dâhil edilen çalışmalarda yayın yanlılığının bulunmadığı söylenebilir. Çalışmaların heterojenliği incelendiğinde çalışmaların orta dereceye yakın düzeyde farklılaştığı belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmaların ortalama etki büyüklüğü

rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Meta-analize dâhil edilen çalışmaların ortalama etki büyüklüğü (0,420) Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre orta düzey olarak bulunmuştur. Kısaca, matematiksel modelleme ile öğretim matematik tutumunu pozitif yönde ve orta düzeyde etkilemiştir.

Çalışmalar yayın yılına göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi yıllara göre değişmektedir. 2013 ve 2019 yıllarında matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumunda daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar yayın türüne göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi yayın türüne göre değişmektedir. Yüksek lisans ve doktora tezi türünde yayımlanan çalışmaların, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumunda daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar uygulanan ülkelere göre anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi uygulanan ülkelere göre değişmemektedir. Anlamlı olmasa da Türkiye ve ABD ülkelerinde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumunda daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar araştırma desenine göre anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi çalışmaların araştırma desenine göre değişmemektedir. Anlamlı olmasa da yarı deneysel desenli çalışmaların, matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumunda daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar öğretim kademesine göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi öğretim kademesine göre değişmektedir. Matematiksel modelleme ile öğretimin ilkökul ve ortaokul öğretim kademesinde matematik tutumunu daha çok etkilediği söylenebilir.

Çalışmalar öğrenme alanına/konusuna göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi çalışmaların öğrenme alanına/konusuna göre değişmektedir. Geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusunda matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumunda daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar uygulama süresine göre anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi uygulama süresine göre değişmemektedir. Anlamlı olmasa da uzun süren (1 dönem veya fazla) matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumunda daha etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmalar örneklem büyüklüğüne göre anlamlı düzeyde farklılaşmamaktadır. Başka bir ifadeyle matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi çalışmaların örneklem büyüklüğüne göre değişmemektedir. Anlamlı olmasa da örneklem büyüklüğü 30 veya büyük çalışmalarda matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumunda daha etkili olduğu söylenebilir.

5.3. Öneriler

Araştırma sonuçlarına göre aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur:

- Bu çalışmada matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisinin yüksek düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre, eğitim ve öğretim faaliyetlerinde matematik başarısının artırılması amacıyla matematiksel modellemenin olabildiğince kullanılması önerilmektedir.
- Moderatör analiz sonucunda anlamlı olmamasına rağmen öğretim kademesi düzeyi arttıkça matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi artmaktadır. Bu sonuca göre, kademe ilerledikçe bu kademelerde çalışan öğretmenlerin eğitim ve öğretim faaliyetlerinde matematiksel modellemeye daha çok yer vermesi önerilmektedir.
- Moderatör analiz sonucunda diferensiyel denklemler öğrenme alanı/konusunda matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisinin diğerlerine göre yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre, özellikle üniversite kademesinde diferensiyel denklemler gibi daha işlemsel boyutu ön planda olan alanların öğretiminde matematiksel modelleme kullanılabilir.
- Moderatör analiz sonucunda anlamlı olmamasına rağmen uygulama süresi azaldıkça matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına etkisi azalmaktadır. Bu sonuca göre, eğitim ve öğretim faaliyetlerinde kısa süreli olmayan matematiksel modelleme uygulamalarına yer verilmesi önerilebilir.
- Moderatör analiz sonucunda matematiksel modelleme ile öğretimin küçük örneklem grubunda matematik başarısına etkisinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu

sonuca göre, eğitim ve öğretim faaliyetlerinde matematiksel modellemenin küçük gruplarda gerçekleştirilmesi önerilebilir.

- Bu araştırmada matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisinin orta düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre, eğitim ve öğretim faaliyetlerinde matematik tutumunun geliştirilmesi amacıyla matematiksel modellemenin kullanılması önerilmektedir.
- Moderatör analiz sonucunda ilköğretim kademesinde matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi diğer öğretim kademelerine göre daha yüksektir. Bu sonuca göre, ilköğretim kademesinde çalışan öğretmenlerin eğitim ve öğretim faaliyetlerinde matematiksel modellemeye yer vermesi önerilmektedir.
- Moderatör analiz sonucunda geometri ve ölçme öğrenme alanı/konusunda matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre, geometri ve ölçme öğrenme alanı/konuların öğretiminde matematiksel modellemeye daha fazla yer verilebilir.
- Moderatör analiz sonucunda anlamlı olmamasına rağmen uygulama süresi azaldıkça matematiksel modelleme ile öğretimin matematik tutumuna etkisi azalmaktadır. Bu sonuca göre, eğitim ve öğretim faaliyetlerinde kısa süreli olmayan matematiksel modelleme uygulamalarına yer verilmesi önerilebilir.
- Araştırmanın dâhil edilme kriterlerinde çalışmaların yayın dilinin İngilizce ve Türkçe olması yer almaktadır. Belirtilen dillerinden dışında yayımlanan çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır. Bu araştırmanın bir sınırlılığıdır. Farklı dillerde yayımlanan çalışmalar kurulacak bir çeviri ekibi sayesinde incelenebilir ve araştırma kapsamına dâhil edilebilir. Bu bağlamda matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna etkisi meta-analiz yöntemiyle daha kapsamlı bir şekilde araştırılabilir.
- Araştırma kapsamında çalışmalar arasındaki farklılıklar yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi ve örneklem büyüklüğü moderatörleri ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bu tür meta-analiz çalışmalarında çalışmalar arasındaki farklılıkları açıklayabilecek birçok değişken bulunmaktadır. Farklı moderatörlerin kullanıldığı bu meta-analiz çalışması tekrar edilebilir, çalışmalar arasındaki farklılıklar analog ANOVA ve meta-regresyon analizleri ile daha detaylı bir şekilde açıklanabilir.

- Matematiksel becerilere sahip bireylerin yetiştirilmesi günümüz koşullarında önemlidir ve gelecekte daha önemli olacaktır. Matematiksel modelleme ile öğretimin matematik başarısına ve tutumuna olumlu etkisi düşünüldüğünde öğretim programlarında matematiksel modellemeye daha çok yer verilmesi önerilebilir.
- Araştırmanın konusu ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Belirli zaman dilimlerinde yeni çalışmalar ile birlikte bu araştırma tekrarlanabilir, değişimler gözlemlenebilir ve sonuçlar güncellenebilir.
- Bu araştırma ulusal ve uluslararası alandaki çalışmaları kapsamaktadır. Sadece Türkiye'deki çalışmaların dâhil edildiği bir meta-analiz çalışmasıyla sonuçlar detaylandırılabilir ve karşılaştırmalı olarak açıklanabilir.
- Araştırmada bazı alt gruplardaki çalışmaların kendi içinde farklılaştığı görülmüştür. Bu farklılıklar başka değişkenlerle incelenmemiştir. Bu durum araştırmanın bir sınırlılığıdır. Alt gruplardaki çalışmaların kendi içindeki farklılıklarını ortaya çıkaran başka moderatörler belirlenerek detaylı analizler gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

* Meta-analize dâhil edilen çalışmalar

*Aktaş, S. (2019). *Model oluşturma etkinlikleri ile ondalık gösterim öğretiminin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve matematiğe karşı tutumlarına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].

Albayrak, E. ve Çıltaş, A. (2017). Türkiye’de matematik eğitimi alanında yayınlanan matematiksel model ve modelleme araştırmalarının betimsel içerik analizi. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 9, 258-283.

Alkan, Y. (2019). *Matematiksel modelleme etkinlikleriyle yapılan öğretim sürecinin 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerine ve okuduğunu anlama becerilerine etkisinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi].

Altun, M. (2018). *Matematik öğretimi* (21. Baskı). Aktüel 16 Basım Yayım Dağ. İnş. San. ve Dış. Ltd. Şti.

*Armutcu, Y. ve Bal, A. P. (2022). The effect of mathematical modeling activities based on STEM approach on mathematics literacy of middle school students. *International Journal of Educational Studies in Mathematics*, 9(4), 233-253. <https://doi.org/10.17278/ijesim.1160204>

Arseven, A. (2020). *Sınıf öğretmenleri, matematik öğretmenleri ve öğretmen adayları için matematik öğretim yöntemleri gerçekçi matematik öğretimi ve matematiksel modelleme* (4. Baskı). Pegem Akademi.

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority [ACARA]. (2017). *Australian curriculum: Mathematics*. Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority.

Aydoğdu, M. ve Tutak, T. (2018). Matematiksel modelleme etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin matematik başarıları ve tutumlarına etkisi. *Middle East Journal of Education (MEJE)*, 4(1), 43-49.

Aztekin, S. ve Taşpınar Şener, Z. (2015). Türkiye’de matematik eğitimi alanındaki matematiksel modelleme araştırmalarının içerik analizi: Bir meta-sentez çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 40(178), 139-161. <http://dx.doi.org/10.15390/EB.2015.4125>

*Bakırcı, C. (2016). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin PISA matematik başarı düzeylerine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].

Baki, A. ve Güveli, E. (2008). Evaluation of a web based mathematics teaching material on the subject of functions. *Computers & Education*, 51(2), 854-863. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.09.003>

Begg, C. B. ve Mazumdar, M. (1994). Operating characteristics of a rank correlation test for publication bias. *Biometrics*, 50(4), 1088-1101. <https://doi.org/10.2307/2533446>

Berry, J. ve Houston, K. (1995). *Mathematical modelling*. Arrowsmith Ltd.

- *Betenga, S. A. (2018). *The effects of mathematical modeling instruction on precalculus students' performance and attitudes toward rational functions* [Doctoral dissertation, Georgia State University]. <https://doi.org/10.57709/13475861>
- Bıkmaz Bilgen, Ö. ve Doğan, N. (2017). Puanlayıcılar arası güvenilirlik belirleme tekniklerinin karşılaştırılması. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 8(1), 63-78. <https://doi.org/10.21031/epod.294847>
- Biembengut, M. S. ve Faria, T. M. B. (2011). Mathematical modelling in a distance course for teachers. G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri ve G. Stillman (Ed.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (s. 269-278) içinde. Springer.
- *Birinci Kara, N. (2020). *Ortaokul 7. sınıf matematik programındaki geometrik kavramların origami ile modellenmesi ve öğrenme sürecine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi].
- Blomhøj, M. (2008). *Different perspectives in research on the teaching and learning mathematical modelling-categorising the TSG21 papers**. *Electronic Proceedings of the Eleventh International Congress on Mathematical Education ICME 11*, Mexico.
- Blomhøj, M. ve Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. *Teaching Mathematics and its Applications*, 22(3), 123-139. <https://doi.org/10.1093/teamat/22.3.123>
- Blomhøj, M. ve Jensen, T. H. (2006). What's all the fuss about competencies? Experiences with using a competence perspective on mathematics education to develop the teaching of mathematical modelling. W. Blum, P. L. Galbraith ve M. Niss (Ed.), *Modelling and applications in mathematics education* (s. 45-56) içinde. Springer.
- Blum, W. (1996). Anwendungsbezüge im mathematikunterricht-trends und perspectiven. G. Kadunz, H. Kautschitsch, G. Ossimitz ve E. Schneider (Ed.), *Trends und perspektiven* (s. 15-38) içinde. Holder-Pichler-Tempsky.
- Blum, W. (2002). ICMI study 14: Applications and modelling in mathematics education-discussion document. *Educational Studies in Mathematics*, 51, 149-171. <https://doi.org/10.1023/A:1022435827400>
- Blum, W. ve Kaiser, G. (1997). Vergleichende empirische untersuchungen zu mathematischen Anwendungsfähigkeiten von Englischen und Deutschen lernenden. *Application to Deutsche Forschungsgesellschaft*, 57-82.
- Blum, W. ve Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, application, and links to other subjects-state, trends, and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 37-68.
- Borenstein, M. (2009). Effect sizes for continuous data. H. Cooper, L. V. Hedges ve J. C. Valentine (Ed.), *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (s. 221-235) içinde. Russell Sage Foundation.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. ve Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley ve Sons, Ltd.

- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. ve Rothstein, H. R. (2013). *Meta analize giriş* (S. Dinçer, Çev.). Anı Yayıncılık.
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 86-95. <https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Borromeo Ferri, R. (2010). On the influence of mathematical thinking styles on learners. *Modeling Behavior. Journal für Mathematik-Didaktik*, 31(1), 99-118. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0009-8>
- Bukova Güzel, E. (2006). *Öğrencilerin limit kavramını algılamasında ve diğer kavramların ilişkilendirilmesinde karşılaştıkları güçlükleri ortadan kaldıracak yeni bir program geliştirme* [Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Bukova Güzel, E. (Ed.). (2021). *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme araştırmacılar, eğitimciler ve öğrenciler için* (4. Baskı). Pegem Akademi.
- Bukova Güzel, E. ve Elçi, A. N. (2019). İlkokulda matematiksel modelleme: Kavramlar ve uygulamalar. K. Tarım ve G. Hacıömeroğlu (Ed.), *Matematik öğretiminin temelleri ilkokul* (1. Baskı, s. 263-282) içinde. Anı Yayıncılık.
- *Büyükdıgüzel, Z. (2019). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin başarısına etkisinin ve öğrenci görüşlerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi].
- Card, N. A. (2012). *Applied meta-analysis for social science research*. Guilford.
- Chamberlin, S. A. ve Moon, S. (2005). Model-eliciting activities: An introduction to gifted education. *Journal of Secondary Gifted Education*, 17(1), 37-47.
- Cinislioğlu, B. (2017). *Matematiksel modelleme yöntemi ile doğrusal denklemler konusunun öğretiminin ortaokul üçüncü sınıf öğrencilerinin akademik başarısına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Cirillo, M., Pelesko, J. A., Felton-Koestler, M. D. ve Rubel, L. (2016). Perspectives on modelling in school mathematics. C. R. Hirsch ve A. R. McDuffie (Ed.), *Annual perspectives in mathematics education 2016: Mathematical modelling and modelling mathematics* (s. 3-16) içinde. NCTM.
- Cohen, R. D., Woseth, D. M., Thisted, R. A. ve Hanauer, S. B. (2000). A meta-analysis and overview of the literature on treatment options for left-sided ulcerative colitis and ulcerative proctitis. *The American Journal of Gastroenterology*, 95(5), 1263-1276. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1572-0241.2000.01940.x>
- Common Core State Standards Initiative [CCSSI]. (2010). *The common core state standards for mathematics*. National Governors Association Center for Best Practices and Council of Chief State School Officers.
- Cooper, H., Hedges, L. V. ve Valentine, J. C. (Ed.). (2009). *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (2nd Edition). Russell Sage Publication.

- *Czocher, J. A. (2017). How can emphasizing mathematical modeling principles benefit students in a traditionally taught differential equations course. *The Journal of Mathematical Behavior*, 45, 78-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmathb.2016.10.006>
- Çalık, M. ve Sözbilir, M. (2014). İçerik analizinin parametreleri. *Eğitim ve Bilim*, 39(174), 33-38. <http://dx.doi.org/10.15390/EB.2014.3412>
- Çavuş Erdem, Z., Doğan, M. F., Gürbüz, R. ve Şahin, S. (2017). The reflections of mathematical modeling in teaching tools: Textbook analysis. *Adiyaman University Journal of Educational Sciences*, 7(1), 61-86. <https://doi.org/10.17984/adyuebd.309793>
- *Çelikkol, Ö. (2016). *7. sınıf öğrencilerine cebirsel sözel problemlerde matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanması: Bir eylem araştırması* [Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi].
- Çetinkaya, S. (2020). *Lise öğrencilerinin matematiksel modelleme sürecinde üst bilişsel becerilerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi].
- *Çiltaş, A. (2011). *Dizi ve seriler konusunun matematiksel modelleme yoluyla öğretiminin ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının öğrenme ve modelleme becerileri üzerine etkisi* [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi].
- *DeBay, D. J. (2013). *Mathematical self-efficacy and understanding: Using geographic information systems to mediate urban high school students' real-world problem solving* [Doctoral dissertation, Boston College]. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/mathematical-self-efficacy-understanding-using/docview/1435629989/se-2?accountid=25247>
- Dede, Y., Akçakın, V. ve Kaya, G. (2021). Matematiksel modelleme etkinliklerinin öğretim ortamlarında uygulanması ve yansımaları. Y. Dede, M. F. Doğan ve F. Aslan-Tutak (Ed.), *Matematik eğitiminde etkinlikler ve uygulamaları* (2. Baskı, s. 269-289) içinde. Pegem Akademi.
- *Delikanlı, D. S. (2019). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin matematik başarı düzeylerine, tutumlarına ve kalıcılığına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi].
- *Dışbudak, K. (2014). *Model oluşturma etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve matematiğe karşı tutumlarına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].
- Dinçer, S. (2021). *Eğitim bilimlerinde uygulamalı meta-analiz* (3. Baskı). Pegem Akademi.
- Doerr, H. M. (1997). Experiment, simulation and analysis: An integrated instructional approach to the concept of force. *International Journal of Science Education*, 19(3), 265-282. <https://doi.org/10.1080/0950069970190302>
- *Doerr, H. M, Ärleback, J. B. ve Stanic, A. C. (2014). Design and effectiveness of modeling-based mathematics in a summer bridge program. *Journal of Engineering Education*, 103(1), 92-114. <https://doi.org/10.1002/jee.20037>

- *Doruk, B. K. (2010). *Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi* [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi].
- Doruk, B. K. ve Umay, A. (2011). Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41, 124-135.
- Dost, Ş. (Ed.). (2019). *Matematik eğitiminde modelleme etkinlikleri* (1. Baskı). Pegem Akademi.
- Dowker, A., Sarkar, A. ve Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years? *Frontiers in Psychology*, 7, Article 508. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00508>
- *Durandt, R. (2021). Design principles to consider when student teachers are expected to learn mathematical modelling. *Pythagoras*, 42(1), 1-13. <https://doi.org/10.4102/pythagoras.v42i1.618>
- *Durandt, R., Blum, W. ve Lindl, A. (2022). Fostering mathematical modelling competency of South African engineering students: which influence does the teaching design have? *Educational Studies in Mathematics*, 109(2), 361-381. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10068-7>
- Durlak, J. A. (1998). *Reading and understanding multivariate statistics*. American Psychological Association.
- Durlak, J. A. (2003). Basic principles of meta-analysis. M. C. Roberts ve S. S. Ilardi (Ed.), *Handbook of research methods in clinical psychology* (s. 196-209) içinde. Blackwell Publishing Ltd.
- Duval, S. ve Tweedie, R. (2000). Trim and fill: A simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics*, 56, 455-463. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2000.00455.x>
- Egger, M., Smith, D. G., Schneider, M. ve Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*, 315, 629-634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>
- *Ellington, A. J. (2005). A modeling-based college algebra course and its effect on student achievement. *PRIMUS*, 15(3), 193-214. <https://doi.org/10.1080/10511970508984117>
- *Emlek, B. (2007). *Dinamik modelleme ile bilgisayar destekli trigonometri öğretimi* [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi].
- English, L. D. (2006). Mathematical modeling in the primary school: Children's construction of a consumer guide. *Educational Studies in Mathematics*, 63(3), 303-323. <https://doi.org/10.1007/s10649-005-9013-1>
- English, L. D. ve Watters, J. (2005). *Mathematical modeling with 9-year-olds* [Conference presentation]. 29th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Melbourne, Australia.

- Erbaş, A., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. ve Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1-21. <http://dx.doi.org/10.12738/estp.2014.4.2039>
- *Ergene, Ö. (2019). *Matematik öğretmeni adaylarının Riemann toplamlarını kullanarak modelleme yoluyla belirli integrali anlama durumlarının incelenmesi* [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi].
- *Erol, M. (2015). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkokul 4. sınıfta sayılar öğrenme alanına ilişkin zorluk algısı ve başarıya etkisi* [Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi].
- Field, A. P. ve Gillett, R. (2010). How to do a meta-analysis. *British Journal of Mathematical & Statistical Psychology*, 63(3), 665-694. <https://doi.org/10.1348/000711010X502733>
- 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 1* (s. 221-228) içinde. ePrints QUT.
- *Freeman, A. L. (2014). *The impact of small-group mathematical modeling activities on students' understanding of linear and quadratic functions* [Doctoral dissertation, Columbia University]. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/impact-small-group-mathematical-modeling/docview/1554320245/se-2?accountid=25247>
- Galbraith, P. (2012). Models of modelling: genres, purposes or perspectives. *Journal of Mathematical Modelling Application*, 1(5), 3-16.
- Galbraith, P. L. ve Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 143-162. <https://doi.org/10.1007/BF02655886>
- Gürsoy, K. (2017). *Bilgisayar destekli matematik öğretiminin akademik başarıya ve matematik dersine yönelik tutumuna etkisi: Bir meta-analiz ve meta-sentez çalışması* [Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].
- Hıdıroğlu, Ç. N. (2012). *Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme problemlerinin çözüm süreçlerinin analiz edilmesi: Yaklaşım ve düşünme süreçleri üzerine bir açıklama* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J. ve Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ: British Medical Journal*, 327(7414), 557-560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- *Işık, N. (2016). *Modelleme etkinliklerinin 9. sınıf öğrencilerinin matematiksel okuryazarlıkları ve inançları üzerine etkisi* [Doktora tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi].
- *İlhan, A. (2021). The impact of game-based, modeling, and collaborative learning methods on the achievements, motivations, and visual mathematical literacy perceptions. *SAGE Open*, 11(1), 1-17. <https://doi.org/10.1177/21582440211003567>
- İnceoğlu, M. (2010). *Tutum algı iletişim* (5. Baskı). Beykent Üniversitesi Yayınları.

- İncikabı, S. (2020). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme yeterliklerine ve öğretim deneyimlerine yansımalarının araştırılması* [Doktora tezi, Kastamonu Üniversitesi].
- *Johnson, K. G. ve Galluzzo, B. J. (2014). Effects of directed learning groups upon students' ability to understand conceptual ideas. *Learning Assistance Review*, 19(1), 7-44. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1034031.pdf>
- Jonsson, A. ve Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. *Educational Research Review*, 2(2), 130-144. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.05.002>
- *Kabadaş, H. ve Yavuz Mumcu, H. (2022). Aritmetikten cebire geçiş süreçlerinde model kullanmanın etkisi: Bir öğretim deneyi. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 11(4), 624-637. <https://doi.org/10.30703/cije.1083214>
- Kaiser, G., Blomhøj, M. ve Sriraman, B. (2006). Towards a didactical theory for mathematical modelling. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 82-85. <https://doi.org/10.1007/BF02655882>
- Kaiser, G. ve Maaß, K. (2007). Modelling in lower secondary mathematics classroom problems and opportunities. W. Blum, P. L. Galbraith, H. W. Henn ve M. Niss (Ed.), *Modelling and applications in mathematics education* (s. 99-108) içinde. Springer.
- Kaiser, G. ve Schwarz, B. (2006). Mathematical modelling as bridge between school and university. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 196-208. <https://doi.org/10.1007/BF02655889>
- Kaiser, G., Schwarz, B. ve Tiedemann, S. (2010). Future teachers' professional knowledge on modelling. R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines ve A. Hurford (Ed.), *Modeling students' mathematical modeling competencies* (s. 433-444) içinde. Springer.
- Kaiser, G. ve Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *The International Journal on Mathematics Education*, 38(3), 302-310. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- Kaiser, G., Sriraman, B., Blomhøj, M. ve Garcia, F. J. (2007). Report from the working group modelling and applications-differentiating perspectives and delineating commonalities. D. Pitta-Pantazi ve G. Philippou (Ed.), *European research in mathematics education V (Proceedings of the fifth conference of the European society for research in mathematics education)* (s. 2035-2041) içinde. Larnaca Cyprus.
- *Kal, F. M. (2013). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin matematik problemi çözme tutumlarına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi].
- *Kandemir, M. A. (2011). *Modelleme etkinliklerinin öğrencilerin duyuşsal özelliklerine problem çözme ve teknolojiye ilişkin düşüncelerine etkisinin incelenmesi* [Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi].
- Kapur, J. N. (1982). The art of teaching the art of mathematical modeling. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 13(2), 185-192. <https://doi.org/10.1080/0020739820130210>

Kapur, J. N. (1998). *Mathematical modeling*. New Age International (P) Ltd.

*Karabörk, M. A. (2016). *Model oluşturma etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin matematik dersi başarılarına etkisi ve öğrencilerin etkinliklere yönelik görüşleri* [Yüksek lisans tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi].

*Karacı Yaşa, G. ve Karataş, İ. (2018). Effects of the instruction with mathematical modeling on pre-service mathematics teachers' mathematical modeling performance. *Australian Journal of Teacher Education*, 43(8). <http://ro.ecu.edu.au/ajte/vol43/iss8/1>

Karakaş, Ş. (2020). *Kırsal kesimde öğrenim gören 8. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma* [Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Üniversitesi].

*Kaya, S. (2019). *6. sınıf kesirlerle çarpma ve bölme işlemlerinin öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına ve öğrenme kalıcılığına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi].

*Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi].

Kınay, E. (2012). *Üniversite giriş sınavı yordama geçerliği çalışmalarının meta-analizi* [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi].

Kış, A. (2013). *Okul müdürlerinin öğretimsel liderlik davranışlarını gösterme düzeylerine ilişkin yönetici ve öğretmen görüşlerine yönelik bir meta-analiz* [Doktora tezi, İnönü Üniversitesi].

Kim, S. H. ve Kim, S. (2010). The effects of mathematical modeling on creative production ability and self-directed learning attitude. *Asia Pacific Educ. Rev.*, 11, 109-120. <https://doi.org/10.1007/s12564-009-9052-x>

KMK. (2003). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_12_04-Bildungsstandards-Mathe-Mittleren-SA.pdf

Koç, D. (2020). *An investigation on theses and dissertations on mathematical modeling in Turkey in the last two decades* [Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi].

*Koç, D. (2022). *Matematiksel modelleme eğitiminin sınıf öğretmeni adaylarının problem çözme becerisine ve matematiğe yönelik tutumuna etkisi (Manisa Celal Bayar Üniversitesi örneği)* [Yüksek lisans tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi].

*Korkmaz, A. (2010). *İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri* [Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi].

Kula Ünver, S., Özaltun Çelik, A. ve Özgür, Z. (2021). Matematiksel modelleme ile ilgili Türkiye’de yapılan çalışmaların meta-sentezi. E. Bukova Güzel, M. F. Doğan ve A. Özaltun Çelik (Ed.), *Matematiksel modelleme teoriden uygulamaya bütünsel bakış* (1. Baskı, s. 101-130) içinde. Pegem Akademi.

- *Kurt, Ö. (2019). *Matematiksel modelleme problemlerinin beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarı, geometri öz-yeterlik ve matematiğe yönelik tutumuna etkisinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi].
- *Kurtuluş Kayan, A. (2019). *Yüzdeler öğretiminde matematiksel modelleme etkinlikleri kullanımının öğrencilerin başarıları ve matematiği günlük hayatla ilişkilendirme becerisine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Trabzon Üniversitesi].
- Lesh, R. A. ve Doerr, H. (2003). Foundations of model and modelling perspectives on mathematic teaching and learning. R. A. Lesh ve H. Doerr (Ed.), *Beyond constructivism: A models and modelling perspectives on mathematics teaching, learning and problem solving* (s. 3-33) içinde. Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R., Cramer, K. A., Doerr, H., Post, T. ve Zawojewski, J. (2003). Model development sequences: Models and modeling perspectives on mathematics pr. R. Lesh ve H. Doerr (Ed.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics pr* (s. 35-58) içinde. Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A. ve Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students veteachers. A. Kelly ve R. Lesh (Ed.), *Handbook of resarch design in mathematics and science education* (s. 591-645) içinde. Lawrence Erlbaum Associates.
- Lingefjärd, T. (2002). Teaching and assessing mathematical modeling. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 21(2), 75-83. <https://doi.org/10.1093/teamat/21.2.75>
- Lingefjärd, T. (2006). Faces of mathematical modeling. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 96-112. <https://doi.org/10.1007/BF02655884>
- Maaß, K. (2004). *Mathematisches modellieren im unterricht*. Franzbecker.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 113-142. <https://doi.org/10.1007/BF02655885>
- Maaß, K. (2010). Classification scheme for modelling tasks. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31(2), 285-311. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0010-2>
- Manouchehri, A. (2017). Implementing mathematical modelling: The challenge of teacher educating. G. Stillman, W. Blum ve G. Kaiser (Ed.), *Mathematical modelling and applications. International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling* (s. 421-432) içinde. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62968-1_35
- Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2020). *TIMSS 2019 Türkiye ön raporu. Eğitim Analiz ve Değerlendirme Raporları Serisi No:15*. https://odsgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2020_12/10175514_TIMSS_2019_Turkiye_On_Raporu_.pdf
- Millî Eğitim Bakanlığı-Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı [MEB-TTKB]. (2005). *İlköğretim matematik dersi 1-5. sınıflar öğretim programı*.

- Millî Eğitim Bakanlığı-Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı [MEB-TTKB]. (2011). *Ortaöğretim matematik (9, 10, 11 ve 12. sınıflar-haftalık 4 saat) dersi öğretim programı & ortaöğretim matematik (10, 11 ve 12. sınıflar-haftalık 2 saat) dersi öğretim programı.*
- Millî Eğitim Bakanlığı-Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı [MEB-TTKB]. (2013). *Ortaöğretim matematik (9-12. sınıflar) dersi öğretim programı.*
- Millî Eğitim Bakanlığı-Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı [MEB-TTKB]. (2018). *Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar).*
- Ministry of Education Singapore [Singapur Millî Eğitim Bakanlığı]. (2013). *Mathematics syllabus primary one to six.* <https://www.moe.gov.sg/-/media/files/syllabus/2021-pri-mathematics-1-to-3.ashx>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. ve the PRISMA Group. (2009). Reprint-Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Physical Therapy, 89(9)*, 873-880. <https://doi.org/10.1093/ptj/89.9.873>
- Mousoulides, N. G. (2009). Mathematical modeling for elementary and secondary school teachers. A. Kontakos (Ed.), *Research & theories in teacher education* içinde. University of the Aegean.
- Mousoulides, N. G., Christou, C. ve Sriraman, B. (2008). A modelling perspective on the teaching and learning of mathematical problem solving. *Mathematical Thinking and Learning, 10(3)*, 293-304. <https://doi.org/10.1080/10986060802218132>
- Muşlu, M. (2016). *Doğal sayılarda işlemler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Muşlu, M. ve Çiltaş, A. (2016). Doğal sayılarda işlemler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına etkisi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi, 11(2)*, 329-343.
- Müller, G. ve Wittmann, E. (1984). *Der mathematikunterricht in der primarstufe.* Braunschweig: Vieweg.
- *Nam, S. (2018). *Cebir öğretiminde model oluşturma etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin matematik başarısı ve tutumuna etkisi* [Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi].
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (1989). *Principles and standards for school mathematics.* National Council of Teachers of Mathematics.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics.* National Council of Teachers of Mathematics.
- *Nourallah, N. S. ve Farzad, B. (2012). Mathematical modelling in university, advantages and challenges. *Journal of Mathematical Modelling and Application, 1(7)*, 34-49.
- OECD. (2018). *PISA 2021 mathematics framework (draft).* OECD Publishing. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa-2021-mathematics-framework-draft.pdf>

- Olkin, I. (1999). Diagnostic statistical procedures in medical meta analysis. *Statistics in Medicine*, 18, 2331-2341. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0258\(19990915/30\)18:17/18<2331::AID-SIM259>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0258(19990915/30)18:17/18<2331::AID-SIM259>3.0.CO;2-L)
- Orhunbilge, N. (2000). *Örnekleme yöntemleri ve hipotez testleri*. Avcıol Basım Yayın.
- *Özdemir, A. (2021). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin duyuşsal özelliklerine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi].
- Özdemir, G. ve Işık, A. (2015). Katı cisimlerin alan ve hacimlerinin matematiksel model ve matematiksel modelleme yöntemiyle öğretimine yönelik öğretmen görüşleri. *K. Ü. Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 1251-1276.
- *Özer Demir, Ö. (2022). *Matematiksel modellemeye dayalı öğrenme ortamlarının 7. sınıf öğrencilerinin matematik okuryazarlığının gelişimine ve akademik başarısına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Özmen, G. (2019). *Somut materyal ve dinamik geometri yazılımı kullanımının 5. sınıf öğrencilerinin geometri başarısı, tutumu ve uzamsal yeteneklerine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Uşak Üniversitesi].
- *Özturan Sağırılı, P. (2010). *Türev konusunda matematiksel modelleme yönteminin ortaöğretim öğrencilerinin akademik başarıları ve öz-düzenleme becerilerine etkisi* [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi].
- *Pazarcı Çelenk, P. (2019). *Matematiksel modelleme yoluyla öğretimin öğrenci başarısına ve kalıcılığına etkisi (Çankırı ili örneği)* [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].
- Peker, M. ve Mirasyedioğlu, Ş. (2003). Lise 2. sınıf öğrencilerinin matematik dersine yönelik tutumları ve başarıları arasındaki ilişki. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(14), 157-166.
- *Perk, E. (2019). *Fonksiyonlar konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin meslek lisesindeki öğrenci başarısına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi].
- Petitti, D. B. (2000). *Meta-analysis, decision analysis and cost effectiveness analysis: Methods for quantitative synthesis in medicine*. Oxford University Press.
- 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 study series* (s. 109-120) içinde. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_9
- Rosenthal, R. (1979). The file drawer problem and tolerance for null results. *Psychological Bulletin*, 86(3), 638-641. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.3.638>
- Rudy, A. C. (2001). *A meta-analysis of the treatment of anorexia nervosa: A proposal*. New York: Ithaca College.

- *Sandalcı, Y. (2013). *Matematiksel modelleme ile cebir öğretiminin öğrencilerin akademik başarılarına ve matematiği günlük yaşamla ilişkilendirmelerine etkisi* [Yüksek lisans tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi].
- Seki, T. (2020). *Benlik saygısı ve ilişkisel faktörler: Bir meta-analiz çalışması* [Doktora tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi].
- Sokolowski, A. (2015a). The effects of mathematical modelling on student's achievement-meta-analysis of research. *The IAFOR Journal of Education*, 3(1), 93-114. <https://doi.org/10.22492/ije.3.1.06>
- Sokolowski, A. (2015b). The effect of math modeling on student's emerging understanding. *The IAFOR Journal of Education*, 3(2), 142-156. <https://doi.org/10.22492/ije.3.2.09>
- Stillman, G. A., Blum, W. ve Biembengut, M. S. (Ed.) (2015). *Mathematical modelling in education research and practice cultural, social and cognitive influences*. Springer.
- Stohlmann, M. (2017). Desmos battleship. *The Australian Mathematics Teacher*, 73(2), 7-11.
- Swetman, D. L. (1991). Fourth grade math: The beginning of the end? *Reading Improvement*, 94(3), 73-76.
- Swetz, F. ve Hartzler, J. S. (1991). *Mathematical modeling in the secondary school curriculum*. The National Council of Teachers of Mathematics.
- *Şeker, İ. (2019). *Ortaokul öğrencilerinin farklı matematiksel modelleme problemlerindeki becerilerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Dicle Üniversitesi].
- Şen, S. ve Yıldırım, İ. (2020). *CMA ile meta-analiz uygulamaları*. Anı Yayıncılık.
- Tabuk, M. (2019). Matematiğe ilişkin tutum ile matematik başarısı arasındaki ilişki üzerine bir meta-analiz çalışması. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 49(49), 167-186. <https://doi.org/10.15285/maruaebd.358096>
- Tekin Dede, A. (2015). *Matematik derslerinde öğrencilerin modelleme yeterliklerinin geliştirilmesi: Bir eylem araştırması* [Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Tekin Dede, A. (2021). Matematiksel modellemenin öğretim programlarındaki ve proje çalışmalarındaki yeri. E. Bukova Güzel, M. F. Doğan ve A. Özaltun Çelik (Ed.), *Matematiksel modelleme teoriden uygulamaya bütünsel bakış* (1. Baskı, s. 71-99) içinde. Pegem Akademi.
- *Tezer, M. ve Cumhuriyet, M. (2017). Mathematics through the 5E instructional model and mathematical modelling: The geometrical objects. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(8), 4789-4804. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00965a>
- Thalheimer, W. ve Cook, S. (2002). *How to calculate effect sizes from published research articles: A simplified methodology*. A part of book. http://education.gsu.edu/coshima/EPRS8530/Effect_Sizes_pdf4.pdf

- Topbaşı Tat, E. (2021). Matematiğe yönelik tutum. E. Ertekin ve B. Dilmaç (Ed.), *Matematiğin duyuşsal özellikleri* (1. Baskı, s. 107-117) içinde. Pegem Akademi.
- *Tuluk, G. (2007). *Fonksiyon kavramının öğretimine bilgisayar cebiri sistemlerinin etkisi* [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi].
- Tutak, T. ve Güder, Y. (2014). Matematiksel modellemenin tanımı, kapsamı ve önemi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(1), 173-190.
- Türk Dil Kurumu [TDK]. (2023). <https://sozluk.gov.tr> adresinden 15.04.2023 tarihinde erişilmiştir.
- *Türksever, B. (2019). *Altıncı sınıfta yer alan cebir öğrenme alanına ait kazanımların öğretiminde model kullanımının öğrencilerin başarılarına ve öğrenmelerinin kalıcılığına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi].
- Ural, A. (2018). *Matematiksel modelleme eğitimi*. Anı Yayıncılık.
- Urhan, S. ve Dost, Ş. (2016). Matematiksel modelleme etkinliklerinin derslerde kullanımı: Öğretmen görüşleri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(59), 1279-1295. <https://doi.org/10.17755/esosder.263231>
- Uysal, H. G. (2021). *Matematiksel modellemenin öğrencilerin başarısına, ders tutumuna ve matematiksel modelleme yeterliklerine etkisi: Bir meta-analiz çalışması* [Yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi].
- *Ünveren, E. N. (2010). *İlköğretim matematik öğretmen adaylarının ispata yönelik tutumlarının matematiksel modelleme sürecinde incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi].
- Üstün, U. (2012). *To what extent is problem-based learning effective as compared to traditional teaching in science education? A meta-analysis study* [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi].
- Voskoglou, M. G. (2006). The use of mathematical modelling as a tool for learning mathematics. *Quaderni di Ricerca in Didattica*, 16, 53-60.
- Voskoglou, M. G. ve Buckley, S. (2012). Problem solving and computational thinking in a learning environment. *Egyptian Computer Science Journal*, 36(4), 28-46. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1212.0750>
- Wilkins, J. L. M. ve Ma, X. (2003). Modeling change in student attitude toward and beliefs about mathematics. *The Journal of Educational Research*, 97(1), 52-63. <https://doi.org/10.1080/00220670309596628>
- Wood, J. M. (2007). Understanding and computing Cohen's Kappa: A tutorial. *WebPsychEmpiricist*, 3(2007), 145-160.
- Yabancı Tak, A. (2021). *Etki büyüklüğü yöntemlerinin karşılaştırılması* [Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].

- *Yazır, F. (2015). *Modelleme temelli yapılan öğretimin 9. sınıf fonksiyonlar konusunda kavramsal ve işlemsel bilgiye etkisi* [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi].
- Yenilmez, K. ve Dereli, A. (2009). İlköğretim okullarında matematiğe karşı olumsuz önyargı oluşturan etkenler. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 4(1), 25-33.
- *Yıldırım, Z. ve Işık, A. (2015). Matematiksel modelleme etkinliklerinin 5. sınıf öğrencilerinin matematik dersindeki akademik başarılarına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(2), 581-600. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kefdergi/issue/22599/241432>
- Yıldız, N. Ç. (2002). *Verilerin değerlendirilmesinde meta analiz* [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi].
- *Yılmaz, K. (2015). *Matematiksel modellerle teorem ispatlarının ilköğretim matematik öğretmenliği öğrencilerinin ispat yapabilme becerilerine, ispatla ilgili görüşlerine ve akademik başarılarına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi].
- *Yiğit, B. (2022). *Kırsal kesimde öğrenim gören 5. sınıf öğrencilerine yönelik matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme, motivasyon ve tutumlarına etkisi* [Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi].
- Yücel, Z. ve Koç, M. (2011). The relationship between the prediction level of elementary school students' math achievement by their math attitudes and gender. *Elementary Education Online*, 10(1), 133-143.
- *Yüzseven, K. S. (2021). Awareness of primary school teachers related to mathematical modeling. *New Era International Journal of Interdisciplinary Social Researches*, 6(8), 44-59. <http://dx.doi.org/10.51296/newera.86>
- Zhang, J., Zhao, N. ve Kong, Q. P. (2019). The relationship between math anxiety and math performance: A meta-analytic investigation. *Frontiers in Psychology*, 10, Article 1613. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01613>
- *Zihar, M. (2018). *Matematiksel modelleme yöntemiyle 8. sınıf üslü ifadeler konusunun öğretimine yönelik bir eylem araştırması* [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Zubi, I. A., Peled, I. ve Yarden, M. (2019). Children with mathematical difficulties cope with modelling tasks: What develops? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(4), 506-526. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1527404>

EK-1**Meta-Analize Dâhil Edilen Başarı ile ilgili Çalışmalar**

No	Yazar/lar	Yayın Yılı	Çalışma Adı	Yayın Türü	Yayın Dili	Uygulanan Ülke	Araştırma Yöntemi/Deseni	Öğretim Kademesi	Öğrenme Alanı/Konusu	Uygulama Süresi	Örneklem Büyüklüğü
1	Aktaş, S.	2019	Model oluşturma etkinlikleri ile ondalık gösterim öğretiminin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve matematiğe karşı tutumlarına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Sayılar ve işlemler	4 hafta	71
2	Armutcu, Y. ve Bal, A. P.	2022	The effect of mathematical modeling activities based on STEM approach on mathematics literacy of middle school students	Makale	İngilizce	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Belirtilmemiş	12 hafta	66
3	Bakırcı, C.	2016	Matematiksel modelleme etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin PISA matematik başarı düzeylerine etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Sayılar ve işlemler	8 hafta	36
4	Betanga, S. A.	2018	The effects of mathematical modeling instruction on precalculus students' performance and attitudes toward rational functions	Doktora tezi	İngilizce	ABD	Karma/yarı deneysel	Üniversite	Cebir	5 hafta	54
5	Birinci Kara, N.	2020	Ortaokul 7. sınıf matematik programındaki geometrik kavramların origami ile modellenmesi ve öğrenme sürecine etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Geometri ve ölçme	6 hafta	44
6	Büyükadıgöz, Z.	2019a	Matematiksel modelleme etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin başarısına etkisinin ve öğrenci görüşlerinin incelenmesi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Karma	5 hafta	51

7	Büyükadıgüzel, Z.	2019b	Matematiksel modelleme etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin başarısına etkisinin ve öğrenci görüşlerinin incelenmesi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Karma	5 hafta	53
8	Cinislioğlu, B.	2017	Matematiksel modelleme yöntemi ile doğrusal denklemler konusunun öğretiminin ortaokul üçüncü sınıf öğrencilerinin akademik başarısına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Cebir	3 hafta	40
9	Czocher, J. A.	2017	How can emphasizing mathematical modeling principles benefit students in a traditionally taught differential equations course	Makale	İngilizce	ABD	Karma/yarı deneysel	Üniversite	Diferensiyel denklemler	29 oturum	51
10	Çelikkol, Ö.	2016	7. sınıf öğrencilerine cebirsel sözel problemlerde matematiksel modelleme etkinliklerinin uygulanması: Bir eylem araştırması	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Ortaokul	Karma	6 hafta	15
11	Çiltaş, A.	2011	Dizi ve seriler konusunun matematiksel modelleme yoluyla öğretiminin ilköğretim matematik öğretmeni adaylarının öğrenme ve modelleme becerileri üzerine etkisi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Üniversite	Analiz	14 hafta	75
12	DeBay, D. J.	2013	Mathematical self-efficacy and understanding: Using geographic information systems to mediate urban high school students' real-world problem solving	Doktora tezi	İngilizce	ABD	Karma/zayıf deneysel	Lise	Karma	2 yıl	57
13	Delikanlı, D. S.	2019	Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin matematik başarı düzeylerine, tutumlarına ve kalıcılığına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	İlkokul	Sayılar ve işlemler	4 ay	75

14	Dışbudak, K.	2014	Model oluşturma etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve matematiğe karşı tutumlarına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Karma	10 hafta	60
15	Doerr, H. M. ve ark.	2014a	Design and effectiveness of modeling-based mathematics in a summer bridge program	Makale	İngilizce	ABD	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Analiz	6 hafta	52
16	Doerr, H. M. ve ark.	2014b	Design and effectiveness of modeling-based mathematics in a summer bridge program	Makale	İngilizce	ABD	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Analiz	6 hafta	92
17	Doruk, B. K.	2010a	Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Karma	1 dönem	68
18	Doruk, B. K.	2010b	Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Karma	1 dönem	48
19	Ellington, A. J.	2005	A modeling-based college algebra course and its effect on student achievement	Makale	İngilizce	ABD	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Cebir	1 dönem	502
20	Emlek, B.	2007a	Dinamik modelleme ile bilgisayar destekli trigonometri öğretimi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Lise	Analiz	3 hafta	128
21	Emlek, B.	2007b	Dinamik modelleme ile bilgisayar destekli trigonometri öğretimi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Analiz	3 hafta	112
22	Ergene, Ö.	2019	Matematik öğretmeni adaylarının Riemann toplamlarını kullanarak modelleme yoluyla belirli integrali anlama durumlarının incelenmesi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Üniversite	Analiz	10 hafta	28
23	Erol, M.	2015	Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkökul 4. sınıfta sayılar öğrenme alanına ilişkin zorluk algısı ve başarıya etkisi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Lise	Cebir	10 hafta	68

24	Freeman, A. L.	2014	The impact of small-group mathematical modeling activities on students' understanding of linear and quadratic functions	Doktora tezi	İngilizce	ABD	Karma/yarı deneysel	Üniversite	Cebir	14 hafta	39
25	Işık, N.	2016	Modelleme etkinliklerinin 9. sınıf öğrencilerinin matematiksel okuryazarlıkları ve inançları üzerine etkisi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	İlkokul	Sayılar ve işlemler	9 hafta	61
26	İlhan, A.	2021	The impact of game-based, modeling, and collaborative learning methods on the achievements, motivations, and visual mathematical literacy perceptions	Makale	İngilizce	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	İlkokul	Geometri ve ölçme	24 saat	37
27	Johnson, K. G. ve Galluzzo, B. J.	2014a	Effects of directed learning groups upon students' ability to understand conceptual ideas	Makale	İngilizce	ABD	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Analiz	15 hafta	77
28	Johnson, K. G. ve Galluzzo, B. J.	2014b	Effects of directed learning groups upon students' ability to understand conceptual ideas	Makale	İngilizce	ABD	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Analiz	15 hafta	70
29	Kabadaş, H. ve Yavuz Mumcu, H.	2022	Aritmetikten cebire geçiş süreçlerinde model kullanmanın etkisi: Bir öğretim deneyi	Makale	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Cebir	2 hafta	29
30	Karabörk, M. A.	2016	Model oluşturma etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin matematik dersi başarılarına etkisi ve öğrencilerin etkinliklere yönelik görüşleri	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Geometri ve ölçme	3 hafta	47
31	Karacı Yaşa, G. ve Karataş, İ.	2018	Effects of the instruction with mathematical modeling on pre-service mathematics teachers' mathematical modeling performance	Makale	İngilizce	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Üniversite	Karma	1 dönem	24

32	Kaya, S.	2019	6. sınıf kesirlerle çarpma ve bölme işlemlerinin öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına ve öğrenme kalıcılığına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Sayılar ve İşlemler	2 hafta	53
33	Kertil, M.	2008	Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	İlkokul	Karma	3 hafta	38
34	Koç, D.	2022	Matematiksel modelleme eğitiminin sınıf öğretmeni adaylarının problem çözme becerisine ve matematiğe yönelik tutumuna etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/zayıf deneysel	Üniversite	Belirtilmemiş	6 hafta	12
35	Kurt, Ö.	2019	Matematiksel modelleme problemlerinin beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarı, geometri öz-yeterlik ve matematiğe yönelik tutumuna etkisinin incelenmesi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Geometri ve ölçme	10 hafta	49
36	Kurtuluş Kayan, A.	2019	Yüzdeler öğretiminde matematiksel modelleme etkinlikleri kullanımının öğrencilerin başarısı ve matematiği günlük hayatla ilişkilendirme becerisine etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Sayılar ve İşlemler	5 hafta	53
37	Nam, S.	2018	Cebir öğretiminde model oluşturma etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin matematik başarısı ve tutumuna etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Cebir	7 hafta	40
38	Nourallah, N. S. ve Farzad, B.	2012	Mathematical modelling in university, advantages and challenges	Makale	İngilizce	İran	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Karma	1 dönem	60
39	Özer Demir, Ö.	2022	Matematiksel modellemeye dayalı öğrenme ortamlarının 7. sınıf öğrencilerinin matematik okuryazarlığının gelişimine ve akademik başarısına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Karma	13 hafta	30

40	Özturan Sağırlı, P.	2010	Türev konusunda matematiksel modelleme yönteminin ortaöğretim öğrencilerinin akademik başarıları ve öz-düzenleme becerilerine etkisi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Lise	Analiz	9 hafta	36
41	Pazarcı Çelenk, P.	2019	Matematiksel modelleme yoluyla öğretimin öğrenci başarısına ve kalıcılığına etkisi (Çankırı ili örneği)	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Sayılar ve işlemler	6 hafta	41
42	Perk, E.	2019a	Fonksiyonlar konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin meslek lisesindeki öğrenci başarısına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Lise	Cebir	8 hafta	34
43	Perk, E.	2019b	Fonksiyonlar konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin meslek lisesindeki öğrenci başarısına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Lise	Cebir	8 hafta	55
44	Sandalcı, Y.	2013	Matematiksel modelleme ile cebir öğretiminin öğrencilerin akademik başarılarına ve matematiği günlük yaşamla ilişkilendirmelerine etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Cebir	3 hafta	55
45	Tezer, M. ve Cumhuri, M.	2017	Mathematics through the 5E instructional model and mathematical modelling: The geometrical objects	Makale	İngilizce	Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti	Nicel/zayıf deneysel	Ortaokul	Geometri ve Ölçme	7 hafta	30
46	Tuluk, G.	2007	Fonksiyon kavramının öğretimine bilgisayar cebiri sistemlerinin etkisi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Cebir	3 hafta	30
47	Türksever, B.	2019	Altıncı sınıfta yer alan cebir öğrenme alanına ait kazanımların öğretiminde model kullanımının öğrencilerin başarılarına ve öğrenmelerinin kalıcılığına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Cebir	3 hafta	45

48	Yazır, F.	2015	Modelleme temelli yapılan öğretimin 9. sınıf fonksiyonlar konusunda kavramsal ve işlemsel bilgiye etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Lise	Cebir	32 saat	89
49	Yıldırım, Z. ve Işık, A.	2015	Matematiksel modelleme etkinliklerinin 5. sınıf öğrencilerinin matematik dersindeki akademik başarılarına etkisi	Makale	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Geometri ve ölçme	3 hafta	55
50	Yılmaz, K.	2015	Matematiksel modellerle teorem ispatlarının ilköğretim matematik öğretmenliği öğrencilerinin ispat yapabilme becerilerine, ispatla ilgili görüşlerine ve akademik başarılarına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Üniversite	Analiz	6 hafta	45
51	Zihar, M.	2018	Matematiksel modelleme yöntemiyle 8. sınıf üslü ifadeler konusunun öğretimine yönelik bir eylem araştırması	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Ortaokul	Sayılar ve işlemler	3 hafta	25

EK-2**Meta-Analize Dâhil Edilen Tutum ile ilgili Çalışmalar**

No	Yazar/lar	Yayın Yılı	Çalışma Adı	Yayın Türü	Yayın Dili	Uygulanan Ülke	Araştırma Yöntemi/Deseni	Öğretim Kademesi	Öğrenme Alanı/Konusu	Uygulama Süresi	Örneklem Büyüklüğü
1	Aktaş, S.	2019	Model oluşturma etkinlikleri ile ondalık gösterim öğretiminin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve matematiğe karşı tutumlarına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Sayılar ve işlemler	4 hafta	71
2	Betanga, S. A.	2018	The effects of mathematical modeling instruction on precalculus students' performance and attitudes toward rational functions	Doktora tezi	İngilizce	ABD	Karma/yarı deneysel	Üniversite	Cebir	5 hafta	54
3	Delikanlı, D. S.	2019	Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin matematik başarı düzeylerine, tutumlarına ve kalıcılığına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	İlkokul	Sayılar ve işlemler	4 ay	75
4	Dışbudak, K.	2014	Model oluşturma etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve matematiğe karşı tutumlarına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Karma	10 hafta	60
5	Durandt, R.	2021	Design principles to consider when student teachers are expected to learn mathematical modelling	Makale	İngilizce	Güney Afrika	Karma/zayıf deneysel	Üniversite	Belirtilmemiş	4 oturum	43
6	Durandt, R. ve ark.	2022	Fostering mathematical modelling competency of South African engineering students: which influence does the teaching design have?	Makale	İngilizce	Güney Afrika	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Karma	5 saat	59

7	Ergene, Ö.	2019	Matematik öğretmeni adaylarının Riemann toplamlarını kullanarak modelleme yoluyla belirli integrali anlama durumlarının incelenmesi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Üniversite	Analiz	10 hafta	28
8	Kal, F. M.	2013	Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin matematik problemi çözme tutumlarına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Belirtilmemiş	8 hafta	48
9	Kandemir, M. A.	2011	Modelleme etkinliklerinin öğrencilerin duyuşsal özelliklerine problem çözme ve teknolojiye ilişkin düşüncelerine etkisinin incelenmesi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Lise	Belirtilmemiş	12 hafta	74
10	Koç, D.	2022	Matematiksel modelleme eğitiminin sınıf öğretmeni adaylarının problem çözme becerisine ve matematiğe yönelik tutumuna etkisi (Manisa Celal Bayar Üniversitesi örneği)	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/zayıf deneysel	Üniversite	Belirtilmemiş	6 hafta	12
11	Korkmaz, A.	2010a	İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Üniversite	Belirtilmemiş	12 hafta	33
12	Korkmaz, A.	2010b	İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Üniversite	Belirtilmemiş	12 hafta	37
13	Kurt, Ö.	2019	Matematiksel modelleme problemlerinin beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarı, geometri öz-yeterlik ve matematiğe yönelik tutumuna etkisinin incelenmesi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Geometri ve ölçme	10 hafta	49

14	Nam, S.	2018	Cebir öğretiminde model oluşturma etkinliklerinin 8. sınıf öğrencilerinin matematik başarıları ve tutumuna etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Cebir	7 hafta	40
15	Özdemir, A.	2021	Matematiksel modelleme etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinin duyuşsal özelliklerine etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Belirtilmemiş	7 hafta	59
16	Şeker, İ.	2019	Ortaokul öğrencilerinin farklı matematiksel modelleme problemlerindeki becerilerinin incelenmesi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/yarı deneysel	Ortaokul	Belirtilmemiş	14 hafta	34
17	Tuluk, G.	2007	Fonksiyon kavramının öğretimine bilgisayar cebiri sistemlerinin etkisi	Doktora tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Üniversite	Cebir	3 hafta	30
18	Ünveren, E. N.	2010	İlköğretim matematik öğretmen adaylarının ispata yönelik tutumlarının matematiksel modelleme sürecinde incelenmesi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Karma/zayıf deneysel	Üniversite	Analiz	5 hafta	60
19	Yiğit, B.	2022	Kırsal kesimde öğrenim gören 5. sınıf öğrencilerine yönelik matematiksel modelleme etkinliklerinin öğrencilerin problem çözme, motivasyon ve tutumlarına etkisi	Yüksek lisans tezi	Türkçe	Türkiye	Nicel/yarı deneysel	Ortaokul	Belirtilmemiş	6 hafta	30
20	Yüzseven, K. S.	2021a	Awareness of primary school teachers related to mathematical modeling	Makale	Türkçe	Türkiye	Nicel/zayıf deneysel	Diğer (üniversite mezunu)	Karma	10 hafta	40
21	Yüzseven, K. S.	2021b	Awareness of primary school teachers related to mathematical modeling	Makale	Türkçe	Türkiye	Nicel/zayıf deneysel	Diğer (üniversite mezunu)	Karma	10 hafta	20

EK-3

Araştırmada Kullanılan Kodlama Formu

Başarı/tutum değişkeni ile ilgili çalışmaya ait veriler	
No	
Yazar/lar	
Yayın yılı	
Çalışma adı	
Araştırma yöntemi/deseni	
Grup sayısı	
Deney/kontrol grupları örneklem büyüklüğü	
Veri analizi	
Çalışmaya özgü moderatörler (Yayın yılı, yayın türü, uygulanan ülke, araştırma deseni, öğretim kademesi, öğrenme alanı/konusu, uygulama süresi, örneklem büyüklüğü)	
n ₁ , n ₂ , N, \bar{X} , Ss, t, p, z, F, r, η^2 , Mann-Whitney-U, Kruskal-Wallis-H vb.	
Deney/kontrol gruplarına ait istatistiksel veriler	