



T.C.

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ORTAOKUL KİTAPLARINDA
MATEMATİKSEL TABAN: 1950 LER, 1980 LER VE 2020 LER
EĞİTİM DÖNEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GALİP SAĞLAM

OCAK

**FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ORTAOKUL KİTAPLARINDA MATEMATİKSEL
TABAN: 1950 LER, 1980 LER VE 2020 LER EĞİTİM DÖNEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Galip SAĞLAM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ
EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Prof. Dr. Mehmet TOY

İkinci Danışman

Öğr. Gör. Dr. Şule ŞAHİN

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2026

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Galip SAĞLAM tarafından hazırlanan “Fen Bilgisi Eğitimi Ortaokul Kitaplarında Matematiksel Taban: 1950 ler, 1980 ler ve 2020 ler Eğitim Dönemlerinin Karşılaştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mehmet TOY

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan: Prof. Dr. Cemil AYDOĞDU

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Doç. Dr. Salih DEĞİRMENCI

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 27/01/2026

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada.

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Galip SAĞLAM

27.01.2026

FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ ORTAOKUL KİTAPLARINDA MATEMATİKSEL TABAN:
1950 LER, 1980 LER VE 2020 LER EĞİTİM DÖNEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Galip SAĞLAM

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2026

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'nin 1954, 1984 ve 2024 yıllarında yayımlanan ulusal ortaokul fen bilimleri ders kitaplarının karşılaştırmalı bir analizini yaparak, fen bilimleri müfredat materyallerine yerleştirilen matematiksel temellerin yetmiş yıllık bir süre zarfında nasıl evrimleştiğini incelemektedir. MAXQDA destekli nitel içerik analizi kullanılarak, tüm açıklayıcı örnekler, problem bağlamları ve tematik vurgular, matematiksel temellerin altı alt kategorisine göre kodlanmıştır: (1) sayısal ve oransal akıl yürütme, (2) ölçme ve birim/boyut analizi, (3) cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme, (4) geometrik ve uzamsal akıl yürütme, (5) istatistik ve olasılıkla veri analizi ve (6) kalkülüs ile değişim oranı. Bu unsurların dağılımındaki ve bağlamlandırılmasındaki değişimleri zaman içinde izlemek için frekans tabloları ve görselleştirmeler oluşturulmuştur. Bulgular, 1954 metninin olgu odaklı ve kanonik problem yapılarından, 2024 materyallerini karakterize eden sorgulamaya dayalı, gerçek dünya ve disiplinler arası uygulamalara doğru açık bir geçişi ortaya koymaktadır. 1984 ders kitabı içeriği, fen bilimleri öğretiminin giderek matematiksel bir dile ihtiyaç duyduğunu, ancak bu dilin henüz tam olarak entegre edilmediğini gösteren ara bir konumdadır. Bu değişim, fen bilimleri eğitimindeki eğitim felsefesi, müfredat öncelikleri ve pedagojik tasarımda yaşanan daha geniş dönüşümleri yansıtmaktadır. Çalışma, matematik-fen bilimleri entegrasyonunun tarihsel bir anlayışına katkıda bulunmakta ve müfredat geliştiricileri, ders kitabı yazarları ve eğitim tarihçileri için değerli bilgiler sunmaktadır.

Sayfa Adedi :144
Anahtar Kelimeler :Matematiksel temeller, Fen eğitimi, Ders kitabı karşılaştırması, Matematik-Fen entegrasyonu
Danışman : Prof. Dr. Mehmet TOY
İkinci Danışman : Öğr. Gör. Dr. Şule ŞAHİN

THE MATHEMATICAL BASIS OF SCIENCE EDUCATION IN MIDDLE SCHOOL
TEXTBOOKS: A COMPARISON OF THE 1950s, 1980s, AND 2020s EDUCATIONAL
PERIODS

(M. Sc. Thesis)

Galip SAĞLAM

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2026

ABSTRACT

This study conducts a comparative analysis of Turkey's national middle school science textbooks published in 1954, 1984, and 2024, examining how the mathematical foundations embedded in science curriculum materials have evolved over a seventy-year period. Using MAXQDA-assisted qualitative content analysis, all explanatory examples, problem contexts, and thematic emphases were coded according to six subcategories of mathematical foundations: (1) numerical and proportional reasoning, (2) measurement and unit/dimensional analysis, (3) algebraic modeling and functional thinking, (4) geometric and spatial reasoning, (5) data analysis with statistics and probability, and (6) rate of change with calculus. Frequency tables and visualizations were generated to track shifts in the distribution and contextualization of these elements across time. The findings reveal a clear transition from the fact-oriented and canonical problem structures of the 1954 text toward the inquiry-based, real-world, and interdisciplinary applications that characterize the 2024 materials. The content of the 1984 edition occupies an intermediate position, showing that science teaching increasingly requires a mathematical language, but that this language has not yet been fully integrated. This shift reflects broader transformations in educational philosophy, curricular priorities, and pedagogical design within science education. The study contributes to a historical understanding of mathematics–science integration and provides valuable insights for curriculum developers, textbook authors, and education historians.

Page Number	:144
Key Word	:Mathematical foundations, Science education, Textbook comparison, Mathematics–Science integration
Supervisor	:Prof. Dr. Mehmet TOY
Supervisor two	:Lecturer Dr. Şule ŞAHİN

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez konusunun belirlenmesinden sonuçlanmasına kadar geçen tüm süreçte bilgi, deneyim ve rehberlikleriyle beni yönlendiren, akademik birikimleri ve değerli katkılarıyla çalışmamın her aşamasında yanımda olan danışmanım Prof. Dr. Mehmet TOY'a şükranlarımı ifade etmek isterim. Tez sürecinde dahil olarak akademik yetkinliğini ve birikimini tez çalışmamızda ve analiz sürecinde aktaran, süreci takip eden çok değerli hocam Öğr. gör. Dr. Şule ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Tezin ana fikrinin şekillenmesinde önemli katkıları bulunan Prof. Dr. Ömer SAY'a da ayrıca teşekkür ederim. Bilgi ve akademik birikimi ile bana olan tavsiye ve rehberliği içinde amcam Prof. Dr. Necmettin SAĞLAM'a hürmetlerimi sunarım.

Tez sürecinin zorlu dönemlerinde desteğini daima hissettiren, sevgili eşime ve her zaman yanımda olan aileme minnettarım. Oğullarım Yusuf Miraç ve Asım Seha, en büyük sermayenin emek, azim ve gayret olduğunu anlamaları ve bunun ile birlikte çalışmanın ve başarmanın hayat içerisinde en güzel bir şey olduğunu yaşamaları temennilerim ile.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
1.1.Problem Durumu	5
1.2.Araştırmanın Amacı	5
1.3.Araştırmanın Önemi	6
1.4.Araştırmanın Sınırlılıkları.....	6
1.5.Araştırmanın Varsayımları	7
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	8
2.1. Fen Müfredat ve Programının Amaç Yapısının Dönemsel Eğitim Yaklaşımları Çerçevesinde Değerlendirilmesi	8
2.1.1. 1954 Fen müfredat ve programının amaç yapısının dönemsel eğitim yaklaşımları çerçevesinde değerlendirilmesi	8
2.1.2. 1984 Fen müfredat ve programının amaç yapısının dönemsel eğitim yaklaşımları çerçevesinde değerlendirilmesi	8
2.1.3. 2024 Türkiye yüzyılı maarif modeli çerçevesinde fen eğitimi programı amaçlarının değerlendirilmesi.....	9
2.1.4. 1954, 1984 ve 2024 program amaçlarının fen bilgisi dersi noktasından karşılaştırmalı değerlendirmesi	11
2.2. Fen Bilgisi Öğretiminin Eğitimdeki Yeri	11

Sayfa

2.3. Fen Öğretiminde MEB Ders Kitaplarının Katkısı	12
2.4. Fen Eğitimi, Ders Kitapları ve Öğretim Programlarının Önemi	13
2.5. Fen ve Matematik: Birbirini Tamamlayan İki Alan	14
2.6. Matematiksel Taban Kavramı	18
2.6.1. Matematiksel tabanın öğrenme süreçlerindeki rolü	19
2.6.2. Matematiksel temel yapısının kavramsal çerçevesi	19
2.7. Matematiksel Tabanın Disiplinler Arası Bağlamdaki Önemi	20
2.8. Matematiksel Tabanı Geliştirmeye Yönelik Öğretim Yaklaşımları.....	20
2.9. Fen Bilgisi Eğitiminde Matematiksel Taban Kavramı	21
2.10. Matematiksel Taban Kavramının Alt Boyutları	22
2.10.1. Sayısal ve oransal akıl yürütme	22
2.10.2. Ölçme ile birim/boyut analizi	23
2.10.3. Cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme	24
2.10.4. Geometrik ve uzamsal akıl yürütme	26
2.10.5. Veri analizi, istatistik ve olasılık.....	27
2.10.6. Değişim hızı ve kalkülüs.....	29
2.11. Fen Bilgisi ve Matematik Entegrasyonu	31
2.12. İlgili Literatür Araştırmaları	32
3. YÖNTEM.....	35
3.1. Araştırmanın Modeli	35
3.2. Evren ve Örneklem.....	35
3.3. Veri Toplama Araçları.....	36
3.4. Verilerin Analizi	37
3.4.1. Maxqda kullanımı ve veri entegrasyonu.....	37

Sayfa

3.4.2. Kodlama şeması ve uygulama süreci.....	37
3.4.3. Karşılaştırmalı analiz fonksiyonları.....	38
3.4.4. Kodlama sistemi ve analiz süreci.....	40
3.4.5. Kodlama çerçevesi	40
3.4.6. Kodlama aracı ve uygulama.....	41
3.4.7. Veri analizi adımları	41
3.4.8. Güvenilirlik ve geçerlilik	42
3.4.9. Güvenirlik	43
3.4.10. Geçerlik.....	45
4. BULGULAR	47
4.1. 1954, 1984 ve 2024 Fen Bilgisi Ders Kitaplarından Elde edilen Nicel Bulgular	47
4.1.1. Birinci alt probleme yönelik bulgular sayısal/oransal akıl yürütme	50
4.1.2. İkinci alt probleme yönelik bulgular ölçme ve birim/boyut analizi.....	54
4.1.3. Üçüncü alt probleme yönelik bulgular cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme	58
4.1.4. Dördüncü alt probleme yönelik bulgular geometrik ve uzamsal akıl yürütme	64
4.1.5. Beşinci alt probleme yönelik bulgular veri analizi, istatistik ve olasılık	67
4.1.6. Altıncı alt probleme yönelik bulgular değişim hızı ve kalkülüs	72
5. TARTIŞMA	81
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	123
6.1. Sonuç	123
6.2. Öneriler.....	124
KAYNAKLAR	127

ÖZGEÇMİŞ	144
----------------	-----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. 1954, 1984 ve 2024 Fen bilgisi orta 2 kitaplarında matematiksel tabana ait sayısal/ oransal akıl yürütme, ölçme ve birim/boyut analizi, cebirsel modelleme	48
Çizelge 4.2. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki sayısal ve oransal akıl yürütmenin yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimler.....	50
Çizelge 4.3. 1984 Yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan sayısal ve oransal akıl yürütmeye ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular	51
Çizelge 4.4. 1954 ve 1984 Yılı sayısal/oransal akıl yürütme noktasından MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı	51
Çizelge 4.5. Yıllar arasındaki sayısal oransal akıl yürütme noktasından karşılaştırma...	52
Çizelge 4.6. Ünite bazlı yıllara göre sayısal ve oransal akıl yürütme noktasından karşılaştırılması	52
Çizelge 4.7. 1954 yılı tabiat kuvvetleri ve biz ünitesi sayısal ve oransal akıl yürütme kategorisinde elde edilen bulgular	53
Çizelge 4.8. 1984 yılı ders kitabı madde, su ve basınç ünitesinin sayısal ve oransal akıl yürütme kategorisinde MaxQda ile elde edilen bulgular	54
Çizelge 4.9. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki ölçme ve birim/boyut analizinin yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri	55
Çizelge 4.10. 1984 yılı fen bilgisi ders kitabı ölçme ve birim/boyut analizine ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular	56
Çizelge 4.11. 1954 ve 1984 Yılı ölçme ve birim/boyut analizi noktasından MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı	56
Çizelge 4.12. Yıllar arasındaki ölçme ve birim/boyut analizi noktasından karşılaştırması	57
Çizelge 4.13. 1954 yılı “Su ve Etkileri” ile 2024 “Saf Madde ve Karışımlar” ünitelerinin yıllara göre ölçme ve birim boyut analizi noktasından karşılaştırılması	58
Çizelge 4.14. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri	58

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.15. 1984 Yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünmeye ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular	60
Çizelge 4.16. 1954 ve 1984 Yılı cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasından MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı.....	60
Çizelge 4.17. Yıllar arasındaki cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasından karşılaştırma.....	61
Çizelge 4.18. Ünite bazlı yıllara göre cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasından karşılaştırılması.....	62
Çizelge 4.19. Yıllara göre ünite bazlı analizler ve ünitelerden elde edilen cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasından doğrudan alıntılar	63
Çizelge 4.20. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki geometrik ve uzamsal akıl yürütme yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri	64
Çizelge 4.21. 1984 Yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan geometrik ve uzamsal akıl yürütmeye ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular.....	65
Çizelge 4.22. 1954 ve 1984 Yılı geometrik ve uzamsal akıl yürütme MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı	66
Çizelge 4.23. Yıllar arasındaki geometrik ve uzamsal akıl yürütme analizi noktasından karşılaştırma.....	66
Çizelge 4.24. Ünite bazlı yıllara göre geometrik ve uzamsal akıl yürütme noktasından karşılaştırılması	67
Çizelge 4.25. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki veri analizi, istatistik ve olasılık yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri	68
Çizelge 4.26. 1984 yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan veri analizi, istatistik ve olasılığa ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular	69
Çizelge 4.27. 1954 ve 1984 Yılı veri analizi, istatistik ve olasılık MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı	69
Çizelge 4.28. Yıllar arasındaki veri analizi, istatistik ve olasılık (+6%) noktasından karşılaştırma	70

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.29. Ünite bazlı yıllara göre veri analizi, istatistik ve olasılık noktasından karşılaştırılması	71
Çizelge 4.30. Ünite bazlı yıllara göre veri analizi, istatistik ve olasılık noktasından analizi	72
Çizelge 4.31. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki değişim hızı ve kalkülüs yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri.	73
Çizelge 4.32. 1984 yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan değişim hızı ve kalkülüs temellerine ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular	74
Çizelge 4.33. 1954 ve 1984 Yılı değişim hızı ve kalkülüs noktasından MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı	75
Çizelge 4.34. Yıllar arasındaki değişim hızı ve kalkülüs (+20 %) noktasından karşılaştırma	77
Çizelge 4.35. Ünite bazlı yıllara göre değişim hızı ve kalkülüs noktasından karşılaştırılması	78
Çizelge 4.36. Ünite bazlı yıllara göre değişim hızı ve kalkülüs noktasından analizi ve elde edilen doğrudan alıntı	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil

Sayfa

Şekil 4.1. Yıllara göre ders kitaplarından elde edilen Çizelge 4.1’deki verilerin grafiksel olarak gösterimi.....	49
--	----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler

Açıklama

F	Frekans
%	Yüzde
α	Cronbach alfa
cm	Santimetre

Kısaltmalar

Açıklama

MEB	Milli eğitim bakanlığı
STEM	Science, technology, engineering and mathematics
BBD	Bilimsel bilginin doğası
NGSS	Yeni nesil bilim standartları
SI	Birim sistemi uluslararası birimler
OECD	Ekonomik kalkınma ve iş birliği örgütü
NRC	The national research council

1. GİRİŞ

Fen bilimleri eğitimi, bireye kazandırdığı analitik düşünme becerisi sayesinde iş hayatındaki değişim süreçlerinin yönetiminde ve profesyonel iletişimde adaptasyon kolaylığı sağlar. Bireyin sosyal ve özel yaşamını kapsayan bu geniş perspektif, çevresel gerçekliği sorgulayıcı ve çok yönlü bir bakış açısıyla anlamlandırmasına hizmet eder (Gürdal, 1992).

Fen eğitimi ile analitik düşünebilen, olguları sorgulayan ve üretken yetkinliklere sahip bireylerin yetiştirilmesinde fen öğretimi stratejik bir öneme sahiptir. Bilginin teknolojik ilerleme ve çağdaşlaşma sürecindeki temel belirleyici olduğu günümüzde; dogmatik düşünceden uzak, sorgulama becerisi gelişmiş birey sayısının artırılması bir zorunluluk arz etmektedir. Bu hedefler doğrultusunda, fen bilimleri eğitiminde kullanılan metodolojilerin niteliği kritik bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Köseoğlu ve Kavak, 2001).

Eğitimin kurumsallaşması ve sistemli bir yapıya kavuşması Antik Yunan ve Roma dönemlerine kadar uzansa da modern okul modelinin bugünkü formunu kazanmasında 18. yüzyıl İngiltere’inde gerçekleşen Sanayi Devrimi’nin belirleyici bir etkisi olduğu kabul edilmektedir. Tarihsel süreçte ders kitaplarının gelişimine bakıldığında, matematik alanında Euclides’in (Öklid) 13 ciltten oluşan Elementler adlı eseri, antik dönemden günümüze kadar etkisini sürdüren en köklü örneklerden biri olarak dikkat çekmektedir. Benzer şekilde Aristoteles’in sosyal bilimler, felsefe ve doğa bilimleri üzerine kaleme aldığı eserler, yüzyıllar boyunca eğitim kurumlarında temel referans kaynağı olarak kullanılmıştır. Matbaanın icadından önceki dönemde, bu tür temel eserlerin el yazması yoluyla çoğaltılması ve öğrenci kitlesine ulaştırılmasının son derece güç ve sınırlı imkânlarla gerçekleştirildiği bilinmektedir (Gribben, 2017).

Bilim ve teknolojinin süreklilik arz eden dinamik gelişimi, bireylerin yalnızca mevcut bilgiyle donanmasını değil; aynı zamanda üst düzey beceriler edinmesini ve bilgiye ulaşma metodolojilerini kavramasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda eğitim, geleneksel davranışçı yaklaşımların ötesine geçerek, bireyin hızla değişen dünyaya adaptasyonunu sağlayan ve yaşam boyu öğrenmeyi temel alan bir sürece evrilmiştir. Günümüzde öğrenme, sadece gözlemlenebilir davranış değişiklikleriyle sınırlı kalmayıp; bilişsel, duyuşsal ve yetenek odaklı çok boyutlu bir dönüşümü kapsamaktadır. Deneyimler yoluyla elde edilen

kalıcı izli davranış değişikliklerinden ziyade, güncel bilimsel veriler ışığında öğrenmenin, zihinsel faaliyetler aracılığıyla gerçekleştirilen dinamik bir yapılandırma süreci olduğu kabul edilmektedir (Ayaz, 2014).

Eğitim-öğretim süreçlerinin temel yapı taşlarından biri olan ders kitapları, öğretim programlarının amaç ve kazanımları doğrultusunda belirli bir sınıf seviyesindeki öğrenciler için yapılandırılmış temel öğretim materyalleridir. Öğretim programı ile öğrenci arasındaki köprüyü kuran bu araçlar, içeriğin pedagojik bir yaklaşımla somutlaştırılmasını sağlar. Öğretim uygulamalarında, eğitimcilerin ders planlarını ve öğrenme etkinliklerini çoğunlukla öğretim programları yerine doğrudan ders ve öğretmen kılavuz kitapları ekseninde şekillendirdikleri gözlenmektedir. Bu durum, ders kitaplarının yalnızca birer yardımcı kaynak değil, öğrenme-öğretme sürecinin operasyonel yönetiminde belirleyici ve stratejik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. (Gülersoy, 2013).

Teknolojik gelişmelere paralel olarak eğitim ortamlarında kullanılan materyal çeşitliliği artış göstermiş; görsel ve işitsel araçlar bu süreçte yaygınlık kazanmıştır. Ancak gerek program geliştirme süreçlerinde gerekse sınıf içi uygulamalarda ders kitapları, vazgeçilmez bir öğretim materyali olma önceliğini korumaktadır. Öğretim programı kapsamındaki kazanımları sistematik ve yapılandırılmış bir düzende sunan ders kitapları, eğitim sürecinin temel bilgi kaynağı ve en sık başvurulanan materyali niteliğindedir. Günümüzde bilgiye erişim noktasında öğrenciler arasında gözlenen sosyoekonomik eşitsizlikler bağlamında, ders kitaplarının ücretsiz olarak erişime sunulması, tüm paydaşlar için bilgiye ulaşımında fırsat eşitliği sağlamak ve öğretim süreçlerinde bir standart oluşturmaktadır. Ülkenin benimsediği eğitim politikaları ve öğretim programlarıyla eş güdümlü olarak bilgiyi bütünsel bir plan dahilinde sunan ders kitapları, eğitim sisteminin tamamlayıcı ve birleştirici unsuru görevini üstlenmektedir (Ünsal ve Güneş, 2002).

Uluslararası literatürde sıklıkla "bilimin dili" olarak nitelendirilen matematik, fen ders kitaplarında sadece bir hesaplama aracı değil; doğal olguların modellenmesi ve yorumlanması için gereken temel çerçeveyi sunar. Matematiksel ifadeler, oranlar ve basit formüller fen öğretimine dâhil edilmiş; ancak matematik, çoğunlukla bilimsel yasaların bir sonucu olarak "doğrulama" ve "aritmetik hesaplama" amacıyla ikincil bir araç şeklinde kullanılmıştır (Furner ve Kumar, 2007).

Tarihsel perspektiften bakıldığında, fen ders kitaplarındaki matematiksel içeriğin sunumu, eğitim felsefelerindeki değişimlerle paralel bir dönüşüm geçirmiştir. 1950'li yılların olgu merkezli ve pozitivist öğretim anlayışından, günümüzün sorgulama odaklı ve disiplinler arası yaklaşımlarına geçiş, eğitimdeki vizyon değişikliğini yansıtmaktadır. Modern fen eğitimi vizyonu, öğrencilerden sadece bilgi transferi değil; veri analizi yapmalarını ve karmaşık sistemleri matematiksel modellerle açıklamalarını beklemektedir (National Research Council, 2012). Dimopoulos ve arkadaşları (2003), fen kitaplarındaki görsel ve metinsel içeriğin zamanla nasıl daha karmaşık bilişsel süreçleri gerektirdiğini ortaya koymuştur

Fen eğitiminde ders kitapları, resmî öğretim programlarının somut bir yansıması ve uygulayıcılar için birincil başvuru kaynağı olma niteliğiyle merkezi bir öneme sahiptir (MEB, 2018; NRC, 2012). Bu materyaller, yalnızca bilgi aktarmanın ötesinde, öğrencilerin temel bilimsel kavramları edinme biçimlerini, bilimsel yanılgıların oluşumunu ve derinliğini doğrudan etkileme gücüne sahiptir.

Aynı zamanda ders kitapları, öğretmenlerin sınıf içi pedagojik yaklaşımlarını ve sorgulayıcı öğrenme gibi çağdaş öğretim stratejilerini (Karamustafaoğlu vd., 2015) şekillendiren temel kaynak olarak kabul edilir. Bu bağlamda, ders kitaplarının içerik kalitesi, sunuş biçimi ve müfredatla olan tutarlılığı, fen eğitiminin genel başarısını belirleyen kritik bir değişken olarak akademik araştırmaların sürekli odağında yer almaktadır.

2020'li yılların fen eğitimi vizyonu, önceki dönemlerden farklı olarak "bilgi transferin 'den ziyade "beceri odaklılık" üzerine kuruludur. Modern müfredatlar, öğrencilerin veri analizi yapmasını, örüntüleri tanımasını ve karmaşık sistemleri matematiksel modellerle açıklamasını beklemektedir. Bu dönüşüm, Kıyıcı'nın (2022) vurguladığı "Hesaplamalı Düşünme" becerilerinin fen kitaplarına nüfuz etmesine yol açmıştır. Günümüzde matematik, Divarcı'nın (2022) işaret ettiği 21. yüzyıl becerileri kapsamında; grafik okuryazarlığı ve teknoloji destekli modelleme süreçlerinin ayrılmaz bir parçasıdır.

Bu bulgular, fen bilimleri eğitiminde yaşanan sorunların kaynağının, sadece öğrencilerin matematik dersindeki başarısızlıkları olmadığını, aynı zamanda fen bilimleri ders materyallerinin bu iki disiplin arasındaki entegrasyonu ne ölçüde sağladığıyla yakından

ilişkili olduğunu göstermektedir. Öğretim sürecinde merkezi bir rol oynayan ders kitapları, matematiksel kavram ve ifadeleri fen konularına ne kadar etkin bir şekilde entegre ederse hem öğrenci hazır bulunuşluk düzeyi yükseltilebilir hem de öğretmenlerin ek zaman harcama yükü hafifletilebilir.

Bu bağlamda, bu tez çalışması, fen bilgisi ders kitaplarının matematiksel tabanını titizlikle inceleyerek söz konusu pedagojik boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Araştırma, ders kitaplarındaki matematiksel dilin ve araçların incelenmesi yoluyla, fen-matematik entegrasyonuna somut katkılar sağlayacak veriler sunarak, öğretmenlerin talep ettiği koordinasyon ve müfredat iyileştirme çabalarına temel oluşturacaktır. Nihayetinde bu çalışma, fen eğitimi alanındaki ders kitabı yazım komisyonlarına rehberlik etmenin yanı sıra, öğrenci ve öğretmenlere daha kaliteli ve bütünleşmiş öğrenme kaynakları sunulmasına destek olarak fen eğitiminin kalitesini yükseltme misyonuna önemli katkı sağlayacaktır.

Yapılan bu çalışmada, üç farklı döneme ait ortaokul fen bilimleri ders kitaplarını 1954, 1984 ve 2024 ulusal müfredat kitaplarını matematiksel temeller açısından karşılaştırmalı bir içerik analiziyle inceleyerek alandaki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Araştırmada, NRC'nin K-12 Fen Bilimleri Eğitimi Çerçevesinden uyarlanmış altı alt bileşene dayalı olarak MAXQDA ortamında nitel kodlama yapılmış; her bir metindeki matematiksel unsurların sıklığı, dağılımı ve bağlamsal bütünleşme düzeyi sistematik biçimde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye'de matematiğin fen bilimleri öğretimine entegrasyonunun tarihsel gelişimini görünür kılmakta ve müfredat tasarımı, öğretmen eğitimi ile STEM odaklı eğitim politikalarına yönelik önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Bu çalışma; 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait ortaokul fen kitaplarını karşılaştırmalı bir içerik analiziyle inceleyerek, yetmiş yıllık süreçteki matematiksel taban değişimini ortaya koymayı ve gelecek müfredat tasarımlarına ışık tutmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın bu bölümünde problem durumu ve alt problemleri, araştırmanın amacı, araştırmanın önemi, araştırmanın sınırlılıkları ve araştırmanın varsayımlarına yer verilmiştir.

1.1. Problem Durumu

Araştırmanın temel problemini “Fen Bilgisi eğitimi orta okul kitaplarında matematiksel taban :1950’ler, 1980’ler ve 2020’lerin eğitim dönemlerinin karşılaştırılması nasıldır? ifadesi oluşturmaktadır.

1. Fen bilgisi eğitimi 7. sınıf (orta 2) ortaokul kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan sayısal ve oransal akıl yürütme noktasında nasıldır?
2. Fen bilgisi eğitimi 7. sınıf (orta 2) ortaokul kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan ölçme ve birim/boyut analizi noktasında nasıldır?
3. Fen bilgisi eğitimi 7. sınıf (orta 2) ortaokul kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasında nasıldır?
4. Fen bilgisi eğitimi 7. sınıf (orta 2) ortaokul kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan geometrik ve uzamsal akıl yürütme noktasında nasıldır?
5. Fen bilgisi eğitimi 7. sınıf (orta 2) ortaokul kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan veri analizi, istatistik ve olasılık noktasında nasıldır?
6. Fen bilgisi eğitimi 7. sınıf (orta 2) ortaokul kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan değişim hızı ve kalkülüs noktasında nasıldır?

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, Türkiye’de 1954, 1984 ve 2024 yıllarında uygulanan ulusal müfredatlara göre hazırlanmış ortaokul fen bilgisi orta 2 (7.sınıf) ders kitaplarının karşılaştırmalı analizi yoluyla, yetmiş yıllık bir zaman dilimi içerisinde fen öğretiminde kullanılan materyallerin matematiksel temellerindeki değişimi ve evrimini incelemektir. Araştırma, Türkiye’de ortaokul fen bilgisi Orta 2 (7.sınıf) ders kitaplarında yer alan matematiksel tabanın yıllara göre nasıl değiştiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Yapılan bu çalışmada ortaokul 2 (7. sınıf) fen bilgisi ders kitaplarının matematiksel taban noktasından karşılaştırması yapılarak fen bilgisi ders kitaplarındaki matematiksel değişim incelenmiştir.

1.3. Araştırmanın Önemi

Bu çalışma, 1954,1984 ve 2024 fen bilgisi orta okul 2 (7.sınıf) MEB ders kitaplarının matematiksel tabanını inceleyerek fen eğitimi alanındaki kaliteyi ilerletme ve yükseltme açısından kritik bir öneme sahiptir. Fen konularının anlaşılmasında matematiksel kavramların ve ifadelerin doğru, etkin ve bütünleşmiş bir şekilde sunulması, öğrenci başarısını doğrudan etkileyen temel bir faktördür. Dolayısıyla, mevcut ders kitaplarının matematiksel dil ve araçları kullanımındaki eksikliklerin veya potansiyel geliştirme alanlarının belirlenmesi, öğrencilere sunulan materyallerin etkililik ve faydasını maksimize edecektir. Elde edilecek bulgular, fen-matematik entegrasyonuna ciddi katkı sağlayarak, iki disiplin arasındaki köprüyü sağlamlaştıracaktır. Sonuç olarak, bu araştırma, bir yandan fen bilgisi ders kitaplarını hazırlayan komisyonlara içerik güncelleme ve daha iyi içerik hazırlama konusunda temel ve güvenilir bir veri kaynağı teşkil ederken, diğer yandan da ders kitaplarından faydalanan öğretmen ve öğrencilere kalitesi yüksek, pedagojik olarak zenginleştirilmiş kaynaklar sunulmasına yönelik somut bir destek sağlayacaktır. Bu yönüyle çalışma, sadece teorik bir inceleme olmanın ötesinde, fen eğitiminde pratik bir kalite artışı sağlamayı hedefleyen stratejik bir öneme sahiptir.

1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları

Her bilimsel çalışma, araştırmanın doğasından, kullanılan materyallerden ve metodolojik tercihlerden kaynaklanan belirli sınırlılıklara sahiptir. Bu araştırmanın temel sınırlılığı, veri seti olarak Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) bünyesinde yayımlanan 1954, 1984 ve 2024 fen bilgisi kitaplarından oluşmaktadır. Belirlenen bu kesitler dışındaki dönemlerin kapsanmaması, tarihsel süreklilik analizini bu spesifik yılların çıktılarıyla sınırlandırmaktadır.

Araştırmada kullanılan nitel veri analiz yazılımı MACQ'nun geçerlilik ve güvenilirlik analizleri, yazılımın teknik kabiliyetleri ve araştırmacının kodlama protokollerine sadakati ile doğrudan ilişkilidir. Yazılım tabanlı analizlerde, aracın sunduğu algoritmik çerçevenin dışına çıkılamaması metodolojik bir sınır teşkil etmektedir. Ayrıca, araştırmanın yürütüldüğü süreç içerisindeki sosyo-kültürel ve harici dış faktörlerin veri yorumlama üzerindeki potansiyel etkileri kontrol dışı birer değişken olarak kabul edilmiştir (Simons,

2009). Son olarak, çalışmanın bulguları araştırmacının mevcut deneyimi, teorik bilgi düzeyi ve metinleri anlama/yorumlama kapasitesi ile sınırlıdır. Nitel araştırmalarda araştırmacının kendisinin ana ölçüm aracı olması (Patton, 2015), elde edilen sonuçların bu kişisel ve akademik yetkinlik çerçevesinde şekillenmesine neden olmaktadır.

1.5. Araştırmanın Varsayımları

Verilerin güvenilirliği, incelenen 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait fen bilgisi ders kitaplarının, ilgili dönemlerin eğitim anlayışını ve müfredatını tam ve doğru bir şekilde yansıttığı varsayılır.

Analiz aracının nesnelliği, verilerin analizinde kullanılan MAXQDA programının ve oluşturulan kodlama kategorilerinin, kitaplardaki matematiksel temelleri ölçmede geçerli ve yeterli olduğu varsayılır.

Kodlayıcı tarafsızlığı, araştırmacının içerik analizi ve kodlama sürecinde tarafsız kaldığı ve belirlenen alt kategorilere (sayısal akıl yürütme, cebirsel modelleme vb.) göre objektif bir değerlendirme yaptığı varsayılır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Araştırmanın bu başlıkta konu ile ilgili literatür bilgisine ve yapılan çalışmalara ayrılmıştır. Bölüm kendi içerisinde dört ana başlığa ayrılmıştır. Bu başlıklar sırası ile şu şekildedir:

2.1. Fen Müfredat ve Programının Amaç Yapısının Dönemsel Eğitim Yaklaşımları Çerçevesinde Değerlendirilmesi

Fen müfredat ve programlarının amaç yapılarının yıllara göre yaklaşımlarının genel değerlendirmesi aşağıda verilmektedir.

2.1.1. 1954 Fen müfredat ve programının amaç yapısının dönemsel eğitim yaklaşımları çerçevesinde değerlendirilmesi

1954 Fen öğretim programı, erken cumhuriyet döneminin pozitivist ve gözleme dayalı eğitim anlayışı doğrultusunda yapılandırılmıştır. Programın temel amacı, öğrencilerin çevrelerinde karşılaştıkları doğa olaylarını tanımaları, bu olaylara ilişkin temel bilgileri edinmeleri ve günlük yaşamla ilişki kurabilmeleridir. Bu dönemde fen öğretimi, büyük ölçüde tabiat bilgisi anlayışı çerçevesinde ele alınmış; öğrencilerin doğayı gözlemleyerek tanıması ve temel kavramlara aşina olması hedeflenmiştir (MEB, 1954).

Bu dönemde öğrenciden beklenen temel rol, bilgiyi doğrudan alan ve doğayı sadece pasif bir şekilde gözlemleyen bir birey olmaktır. Matematiksel düşünme, nicel analiz ya da bilimsel modelleme gibi üst düzey beceriler fen öğretiminin temel amaçları arasında yer almamış; matematik, fen konularına sadece temel aritmetik düzeyinde destek sağlayan oldukça sınırlı bir araç olarak kullanılmıştır (Furner ve Kumar, 2007).

2.1.2. 1984 Fen müfredat ve programının amaç yapısının dönemsel eğitim yaklaşımları çerçevesinde değerlendirilmesi

1984 Fen müfredat ve programı, Türkiye’de eğitim sisteminin daha planlı, sistematik ve davranışçı bir anlayışla yeniden yapılandırıldığı bir dönemi temsil etmektedir. Bu programda temel amaç, öğrencilerin fen kavramlarını doğru biçimde öğrenmeleri, bu kavramlar

arasındaki temel ilişkileri kavramaları ve deneysel etkinlikler yoluyla bilgiyi pekiştirmeleridir (MEB, 1984).

Ancak modern eğitim yaklaşımlarının temelini oluşturan analitik düşünme, matematiksel modelleme ve karmaşık veri setlerinden çıkarım yapma gibi üst düzey bilişsel hedefler bu dönem programlarının merkezinde henüz yer almamıştır (NRC, 2012).

2.1.3. 2024 Türkiye yüzyılı maarif modeli çerçevesinde fen eğitimi programı amaçlarının değerlendirilmesi

2024 Fen Öğretim Programı, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli doğrultusunda, fen öğretimini yalnızca bilgi kazandırma süreci olarak değil; öğrencilerin düşünme, sorgulama ve anlamlandırma becerilerini geliştiren bütüncül bir öğrenme alanı olarak ele almaktadır (MEB, 2024).

Programın temel amacı, öğrencilerin fen kavramlarını modelleme, veri analizi, matematiksel ilişkiler ve disiplinler arası bağlantılar yoluyla yapılandırmalarıdır. Bilgi, bu programda dinamik, bağlamsal ve yeniden inşa edilebilir bir yapı olarak ele alınmaktadır. Öğrenciden beklenen rol, bilgiyi pasif biçimde alan değil; araştıran, sorgulayan, problem çözen ve çıkarım yapan aktif bir öğrenen olmaktır.

2024 programında matematik, fen öğretiminin temel düşünme dili hâline gelmiş; grafikler, oranlar, değişim hızı, veri yorumlama ve model kurma gibi matematiksel yapılar fen kazanımlarının ayrılmaz bir parçası olmuştur. Bu durum, öğrencilerin fen olaylarını yalnızca betimlemelerini değil, neden–sonuç ilişkileri kurarak açıklamalarını hedeflemektedir. Aynı zamanda program, fen öğretimini etik değerler, çevresel farkındalık ve sürdürülebilirlik gibi toplumsal boyutlarla da ilişkilendirmektedir.

Millî Eğitim Bakanlığı tarafından Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli çerçevesinde hazırlanan 2024 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nın temel amaçları aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (MEB, 2024):

1. Öğrencilerin fen bilimlerine ilişkin temel kavram, bilgi ve ilkeleri bilimsel doğruluk ve sistematik bir yapı içerisinde edinmelerini sağlamak.
2. Öğrencilerin doğa olaylarını gözlemleme, veri toplama, hipotez geliştirme, deney tasarlama ve sonuç çıkarma gibi bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerine imkân vermek.
3. Fen bilimleri ile matematik, teknoloji ve mühendislik gibi disiplinler arasındaki disiplinler arası ilişkiyi güçlendirerek analitik düşünme ve problem çözme becerilerini desteklemek.
4. Öğrencileri araştırmaya dayalı öğrenme süreçlerine yönlendirerek bilimsel sorgulama kültürünü benimsemelerini sağlamak.
5. Fen bilimlerinin toplumsal ve teknolojik bağlamlardaki rolünü kavramalarına yardımcı olarak bilim–teknoloji–toplum ilişkisi bilincini geliştirmek.
6. Çevre, sürdürülebilirlik, sağlık ve doğal afetler gibi yaşamla doğrudan ilişkili alanlarda öğrencilerin bilinç ve farkındalık düzeylerini artırmak.
7. Günlük yaşam sorunlarını bilimsel bilgi ve süreçlerle analiz edebilen, eleştirel düşünme ve karar verme becerilerine sahip bireyler yetiştirmek.
8. Öğrencilerin fen bilimleri alanındaki mesleki ilgi ve yönelimlerini artırarak kariyer bilinci geliştirmelerine katkı sağlamak.
9. Öğrencilerin fen bilimlerine karşı merak, ilgi ve olumlu tutum geliştirmelerini teşvik etmek ve bilimsel okuryazarlığı güçlendirmek.
10. Öğrencilerin fen bilimlerinde öğrenme süreçlerini kendi hızlarına göre yönlendirebilmelerini ve öz yönetimli öğrenme stratejilerini kullanabilmelerini desteklemek.

2.1.4. 1954, 1984 ve 2024 program amaçlarının fen bilgisi dersi noktasından karşılaştırmalı değerlendirmesi

2024 programı (Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli) ise, üst düzey bilişsel becerilere sahip, bilimsel düşünen ve bilgiyi sentezleyerek üreten birey yetiştirmeyi hedeflemektedir (MEB, 2024).

Bu tarihsel dönüşüm, fen öğretiminde matematiksel düşünmenin rolünü sadece bir hesaplama aracı olmaktan çıkarıp güçlendirmiş; öğretimi, basit ölçümlere dayalı doğrulamadan "analitik modelleme" ve "eleştirel sorgulama" aşamasına taşımıştır (Furner ve Kumar, 2007). Özellikle 2024 programı, fen ve matematik entegrasyonunu "hesaplamalı düşünme" ve "problem çözme" odaklı bir yapıya kavuşturarak, öğrenciyi pasif bir bilgi alıcısından aktif bir bilgi kurucusuna dönüştürmektedir (NRC, 2012).

2.2. Fen Bilgisi Öğretiminin Eğitimdeki Yeri

Bu yönüyle fen bilgisi öğretimi, çağdaş eğitim sistemlerinde bilimsel okuryazarlığın geliştirilmesinde merkezi bir role sahiptir.

Alan yazında fen öğretiminin, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmede etkili olduğu vurgulanmaktadır. Gözlem yapma, deney tasarlama, veri toplama ve yorumlama gibi beceriler, fen öğretiminin temel bileşenleri arasında yer almaktadır (Harlen, 2010). Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı doğrultusunda fen eğitimi, öğrencilerin bilgiyi aktif olarak yapılandırmalarını desteklemekte ve kalıcı öğrenmeyi teşvik etmektedir (Driver vd., 1994).

Fen bilgisi öğretimi aynı zamanda disiplinler arası bir yapı göstermektedir. Özellikle matematik ile fen bilimleri arasındaki güçlü ilişki, fen öğretiminin nicel ve analitik boyutunu ön plana çıkarmaktadır. Fen derslerinde grafikler, tablolar, ölçme işlemleri ve matematiksel modellerin kullanılması, öğrencilerin fen kavramlarını daha derinlemesine anlamalarına katkı sağlamaktadır (NRC, 2012). Bu durum, fen bilgisi ders kitaplarında yer alan matematiksel içeriğin niteliğini önemli bir araştırma konusu hâline getirmektedir.

Fen bilgisi ders kitaplarına yönelik yapılan araştırmalar, kitapların zaman içerisinde daha fazla görsel, etkinlik temelli ve matematiksel içeriğe yer verdiğini göstermektedir (Ayvacı ve Şahin, 2009). Bu değişim, fen öğretiminde ezbere dayalı yaklaşımlardan, öğrenciyi merkeze alan ve bilimsel düşünmeyi ön planda tutan yaklaşımlara doğru bir dönüşüm yaşandığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak fen bilgisi öğretimi, bireylerin bilimsel düşünme becerilerini geliştiren ve onları günlük yaşamda karşılaştıkları problemlere çözüm üretebilen bireyler hâline getiren temel bir öğrenme alanıdır. Fen ders kitaplarının matematiksel taban açısından incelenmesi, fen öğretiminin eğitimdeki yerini ve tarihsel gelişimini anlamada önemli bir katkı meydana getirmektedir.

2.3. Fen Öğretiminde MEB Ders Kitaplarının Katkısı

Talim ve Terbiye Kurulu'nun (2019) yaklaşımı çerçevesinde ders kitaplarının eğitim-öğretim sürecindeki temel işlevleri şu şekilde ifade edilebilir:

1. Ders kitapları, öğretim programlarında yer alan amaç ve kazanımların sınıf içi öğretim süreçlerine aktarılmasını sağlayan temel öğretim araçları arasında yer almaktadır.
2. Öğrenme içeriklerinin pedagojik ilkelere uygun olarak düzenlenmesine, konuların aşamalı biçimde sunulmasına ve bilimsel doğruluğun korunmasına katkı sağlamaktadır.
3. Öğrencilerin öğretmen yönlendirmesi olmaksızın da öğrenme süreçlerini sürdürebilmelerine olanak tanıyarak bireysel ve öz-yönelimli öğrenmeyi desteklemektedir.
4. Evrensel bilgi ve değerlerin aktarımının yanı sıra, öğrencilerin kendi toplumlarına ait kültürel, ahlaki ve sosyal değerleri tanımalarına ve benimsemelerine katkı sunmaktadır.
5. Ders kitaplarının devlet tarafından ücretsiz olarak temin edilmesi, eğitimde sosyo-ekonomik farklılıkların etkisini azaltarak fırsat eşitliğinin güçlendirilmesine hizmet etmektedir.
6. Öğretmenler açısından derslerin planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi süreçlerinde rehberlik eden temel bir başvuru kaynağı işlevi görmektedir.

7. Öğrencilere öğrenilen bilgileri pekiştirme, tekrar etme ve öğrenme süreçlerini zamandan ve mekândan bağımsız olarak yeniden düzenleme imkânı sunmaktadır.
8. Öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarına uygun biçimde çalışmalarına olanak tanıyarak öğrenenler arasındaki bireysel farklılıkların dikkate alınmasını desteklemektedir.
9. Eğitim teknolojileriyle bütünleşik biçimde tasarlanabilmesi sayesinde farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilerin öğrenme süreçlerini desteklemekte ve çoklu öğrenme ortamlarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, 2019).

2.4. Fen Eğitimi, Ders Kitapları ve Öğretim Programlarının Önemi

Öğretim sürecinin temel materyali olan ders kitaplarının yapılandırılmasında, hedef kitlenin kronolojik yaş grubu ve bu grubun pedagojik gereksinimlerinin öncelikli bir kriter olarak ele alınması gerekmektedir. Bilimsel bilgi ve açıklamaların, öğrencinin bilişsel düzeyine uygun şekilde sadeleştirilmesi; alan bilgisinin ise ilgili yaş kuşağının beceri setlerini geliştirecek pedagojik bir kurguyla sunulması elzemdir. Ayrıca, kitap içerisinde kullanılan görsel materyallerin, öğrenci için anlam dünyasına karşılık gelecek şekilde stratejik olarak konumlandırılması büyük önem arz etmektedir. Ders kitaplarının tasarım aşamasında, öğrencilerin ilgi, ihtiyaç ve beklentilerinin merkeze alınması; ancak hedef kitlenin gelişimsel dönem özelliklerinin derinlemesine analiz edilmesiyle mümkündür. Öte yandan ders kitabı, bireyin toplumsallaşma sürecinde toplumsal felsefeyi, kültürel mirası, yaşam pratiklerini ve değer yargılarını aktaran ilk temel kaynak olma özelliğini taşımaktadır (Demirel ve Kıröglü, 2005).

Ders kitabı, bir dersin öğretim sürecinde temel başvuru kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir. Başka bir ifadeyle ders kitabı; belirli bir dersin ve sınıf düzeyinin öğretimi için hazırlanan, öğretim programının amaç ve kazanımlarına uygun olarak yapılandırılan ve yetkili kurullar tarafından onaylanan temel öğretim materyalidir (Gülersoy, 2013).

Ders kitaplarında saptanan bilimsel içerik hataları, öğrencilerin zihninde alternatif kavramların oluşmasına ve bu hatalı bilgilerin gözlem süreçleri aracılığıyla günlük yaşama aktarılmasına sebebiyet vermektedir (Geçgel ve Şekerci, 2018).

Ders kitapları, bilimsel bilgiye erişme ve bilgiyi yapılandırma sürecinde önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda fen bilgisi öğretmen adaylarının ders kitaplarına yönelik görsel ve bilişsel anlayışlarının incelenmesi, öğretim materyallerinin etkili biçimde kullanılması ve geliştirilmesine yönelik önemli veriler sunmaktadır (Dimopoulos vd., 2003).

Öğretmenlerin ders kitaplarını etkili ve işlevsel biçimde kullanabilmeleri, öğretim sürecinin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Literatürde, öğretmenlerin ders kitaplarının içerik yeterliliğine ilişkin çeşitli eleştirilerde bulundukları ve ders kitaplarının her zaman öğretim sürecinin gereksinimlerini karşılamadığına yönelik görüşler dile getirdikleri görülmektedir (Karamustafaoğlu vd, 2015).

Demirel ve Kıröğlu tarafından ders kitaplarına yönelik gerçekleştirilen çalışma önem arz etmektedir. Ders kitabı İncelemesi başlıklı bu çalışma, eğitim fakültelerinin lisans programlarında yer alan aynı isimli dersin kuramsal ve uygulamalı gereksinimlerini karşılamak amacıyla yapılandırılmıştır. Öğretmen yetiştirme programlarının seçmeli ders havuzunda bulunan bu dersin temel vizyonu; öğretmen adaylarının öğretim materyallerine yönelik analitik bir perspektif geliştirmelerini ve ders kitaplarını bilimsel ölçütler ışığında değerlendirebilme yetkinliği kazanmalarını sağlamaktır. Çalışmanın odağında, 21. yüzyıl yetkinlikleri arasında kritik bir öneme sahip olan "eleştirel bakış açısı" yer almaktadır. Bu doğrultuda, ilgili dersin çıktıları olarak öğretmen adaylarının yalnızca akademik materyalleri değil, toplumsal yaşamı da sorgulayıcı bir yaklaşımla irdeleyebilecek bilişsel becerileri edinmeleri hedeflenmektedir. Bu bağlamda eser, hem hedef okuyucu kitlesi olan öğretmen adayları için nitelikli bir öğrenme aracı, hem de sahada görev yapan öğretmenler ve eğitim bilimleri alanında araştırma yürüten uzmanlar için kapsamlı bir referans kaynağı niteliği taşımaktadır (Demirel ve Kıröğlu, 2021).

2.5. Fen ve Matematik: Birbirini Tamamlayan İki Alan

Feynman, Keşfetmenin Hazzı adlı eserinde, doğa yasalarının kapsayıcı ve bütüncül biçimde anlaşılabilmesinin matematiksel bir algı olmaksızın mümkün olmadığını vurgulayarak matematiğin bilimsel düşünmedeki merkezi rolüne dikkat çekmiştir (Feynman, 2002). Benzer biçimde Galileo Galilei 'nin (1623/1957), fiziksel dünyanın anlaşılabilmesi için

matematiksel düşünme ve anlama yetisinin zorunlu olduğunu ifade etmiş; doğayı anlamanın dilini tek bir kavramla özetleyerek bunun matematik olduğunu belirtmiştir (Galilei, 1957). Bu yaklaşımlar, doğaya anlam yükleme sürecinde matematiğin vazgeçilmez bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Fen bilimleri eğitiminde matematik dersinin etkin biçimde kullanılması, öğrencilerin bilimsel yetkinlik ve kavramsal anlayışlarının önemli ölçüde gelişmesini sağlamakta; bu tür etkinlikler aracılığıyla öğrencilerin matematiksel bilgilerini gerçek yaşam problemlerinin çözümünde uygulayabilmelerine olanak tanımaktadır (Markwick ve Clark, 2016).

Fen bilgisi ders kitaplarında yer alan kuvvet ve hareket, kaldırma kuvveti, basınç ile ısı ve sıcaklık gibi bazı konuların, matematiksel bilgi ve becerilerin etkin kullanımını gerektirdiği görülmektedir. Bu konular, nicel ilişkilerin kurulmasını, hesaplama yapılmasını ve matematiksel ifadelerin yorumlanmasını zorunlu kıldığından, öğrenciler tarafından anlaşılması güç alanlar arasında yer almaktadır. Nitekim Bütünler ve Uzun (2011), söz konusu fen konularında yaşanan öğrenme güçlüklerinin temelinde öğrencilerin matematiksel altyapılarındaki eksikliklerin önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadır.

Bu konuda fen konularından bir örnek paylaşacak olursak sürat konusu matematiksel ifade ve içeriğe sahip bir konu olduğu için bundan dolayı sürat konusunu anlamakta zorluk yaşandığı ve öğretmenlerin konu öğretimi noktasında güçlük yaşadıkları ifade edilmiştir (Bütünler ve Uzun, 2011; Oktay Ciminli, 2013).

Bu duruma fen konularından örnek olarak sürat konusu gösterilebilir. Sürat kavramı, doğrudan matematiksel ifadeler ve nicel ilişkiler içermesi nedeniyle öğrenciler tarafından kavranmasında güçlük yaşanan konular arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalar, öğrencilerin süratle ilgili hesaplamaları anlamlandırmada zorlandıklarını ve bu durumun öğretmenlerin konu öğretimi sürecinde de çeşitli güçlüklerle karşılaşmalarına neden olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim Bütünler ve Uzun (2011) ile Oktay Ciminli (2013), sürat konusunun öğretiminde matematiksel altyapı eksikliğinin öğrenme sürecini olumsuz etkilediğini ve öğretmenlerin öğretim sürecini yeniden yapılandırmak zorunda kaldıklarını vurgulamaktadır.

Yapılan bir araştırmada fen bilimleri öğretmenleri, etkili bir fen eğitiminin gerçekleştirilebilmesi için konu ile ilişkili matematiksel bilgi ve içeriklere hâkim olunmasının zorunlu olduğunu ifade etmişlerdir. Öğretmenler, fen konularında yer alan hesaplama gerektiren işlemlerde öğrencilerin önemli güçlükler yaşadıklarını; özellikle denklem kurma, ondalıklı sayılarla işlem yapma ve nicel ilişkileri yorumlama gibi matematiksel becerilerde belirgin eksiklikler bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda öğretmenler, öğretim programlarında fen eğitimi ile matematik konuları arasında gerekli entegrasyonun yeterince sağlanamadığını, bu durumun fen derslerinde ön koşul olarak kabul edilen bazı matematiksel bilgilerin eksik kalmasına yol açtığını vurgulamışlardır. Söz konusu eksiklikler nedeniyle öğretmenlerin, planlanan fen öğretimini erteleyerek matematiksel kavram ve işlemleri öğrencilere yeniden öğretmek zorunda kaldıkları ifade edilmiştir. Ayrıca öğretmenler, matematik öğretiminde yer alan bazı konuların daha erken sınıf düzeylerine alınmasının, öğrencilerin fen derslerindeki akademik başarılarını olumlu yönde etkileyeceği görüşünü dile getirmişlerdir (Temel vd., 2015).

Temel ve arkadaşları (2015) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, fen bilgisi öğretmenlerinin öğrencilerin özellikle dört işlem, birim dönüştürme, grafik yorumlama ve tablo kullanımı gibi temel matematiksel becerilerde çeşitli güçlükler yaşadıklarını ifade ettikleri belirlenmiştir. Öğretmenler, bu güçlüklerin giderilmesi sürecinde matematiksel konuların yeniden ele alınmasına, ek alıştırma ve uygulamalara yer verilmesine ve işlemlerin daha pratik çözüm yollarıyla öğretilmesine sıklıkla başvurduklarını belirtmişlerdir. Bu bulgular, fen öğretiminde matematiksel yeterliklerin öğrencilerin kavramsal öğrenmeleri üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (Temel vd., 2015).

Matematik; hesaplama süreçlerinde kullanılan tüm araçların temelini oluşturmakta ve hesaplama bilimi olarak nitelendirilebilecek matematik, mühendislik ve bilimsel araştırmaların merkezinde yer almaktadır (Wing, 2006). Değişkenlerin sayısal olarak ifade edilmesini, sembolik temsiller aracılığıyla fiziksel varlıklar arasındaki ilişkilerin kurulmasını ve elde edilen sonuçların öngörülebilir hâle gelmesini mümkün kılan matematik, bilimsel bilginin yapılandırılmasında vazgeçilmez bir rol üstlenmektedir (NRC, 2012). Bu yönüyle matematik, yalnızca bir hesaplama aracı değil; aynı zamanda bilimsel düşüncenin dili olarak işlev görmektedir (Stewart, 2012).

Fen bilimleri kapsamında yer alan kütle çekim kuvveti, atomun yapısı ve kuantum mekaniği gibi kavramların tanımlanması ve bu alanlarda ileriye dönük tahminler yapılabilmesi, matematiksel modeller aracılığıyla mümkün olmaktadır. Özellikle 20. yüzyılın ortalarından itibaren gelişen hesaplamalı kuramlar, bilgi ve bilgisayar teknolojileri ile algoritmaların bilimsel çalışmalara entegre edilmesi, bilim ve mühendislik alanlarında köklü dönüşümlere yol açmıştır (NRC, 2010 ; Wing, 2006). Bu gelişmeler, bilim insanları ve mühendislerin büyük veri kümelerini toplamasına, analiz etmesine, örüntüler belirlemesine ve karmaşık ilişkileri ortaya çıkarmasına daha önce mümkün olmayan ölçüde olanak sağlamıştır (Gleick, 2011).

Hesaplamalı yöntemler, atmosfer ve okyanus sistemlerinde karbondioksitin dolaşımı gibi karmaşık doğa olaylarının modellenmesi için matematiğin kullanılmasını mümkün kılan güçlü teknikler sunmaktadır. Bu bağlamda hesaplama, yazılım, bilgi teknolojileri ve algoritmalar; bir problemin çözüm sürecinin sistematik ve aşamalı biçimde planlanmasını sağlayarak bilimsel araştırmaların etkinliğini artırmıştır (NRC, 2010). Matematik sayesinde büyük veri kümelerinin analiz edilmesi ve bu veriler içerisindeki anlamlı yapıların ortaya çıkarılması, bilimsel bilginin sınırlarını genişletmiştir (Gleick, 2011).

Bilimsel araştırmalarda matematik, bir hesaplama bilimi olarak etkin bir araç olmasının yanı sıra, bilimsel iletişimi mümkün kılan ortak bir dil işlevi de görmektedir. Matematiksel yapı ve semboller, düşüncelerin açık, net ve mantıksal bir biçimde ifade edilmesini sağlamaktadır (Stewart, 2012). Örneğin, enerji ve kütlenin eşdeğerliği, özel görelilik kuramı kapsamında matematiksel analiz yoluyla ortaya konmuş; bu yaklaşım Albert Einstein'ın bilimsel çalışmalarında belirleyici bir rol oynamıştır (Einstein, 1905). Benzer şekilde James Clerk Maxwell, elektrik ve manyetik alanların davranışlarını matematiksel modeller aracılığıyla açıklayarak modern fiziğin temellerini atmıştır (Maxwell, 1865).

Matematik ile modern fizik arasındaki ilişki günümüzde ayrılmaz bir bütünlük sergilemektedir. Bilimsel çıkarımların ve öngörülerin giderek olasılıksal bir yapı kazanması, olasılık ve istatistik temelli veri analizlerinin önemini artırmıştır (NRC, 2012). Bu noktada hesaplama araçları, analitik yöntemlerle çözülemeyen problemlerin ele alınmasını mümkün kılarak matematiğin uygulama alanını genişletmiştir. Özellikle simülasyon teknikleri, birden

fazla matematiksel gösterimin bir araya getirilmesini sağlayarak karmaşık sistemlerin dinamiklerinin modellenmesine imkân tanımaktadır (Wing, 2006).

Sonuç olarak matematik, hesaplama araçlarıyla bütünleşerek bilimsel araştırmalarda analitik sınırların aşılmasına katkı sağlamakta; karmaşık sistemlerin modellenmesi, simülasyonların geliştirilmesi ve bilimsel bilginin derinleştirilmesinde merkezi bir rol üstlenmektedir. Bu yönüyle matematik, çağdaş bilim ve mühendislik çalışmalarının temel yapı taşı olmayı sürdürmektedir (NRC, 2012; Stewart, 2012).

Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de fen bilimleri öğretimi ile matematik öğretimi, birbirleriyle güçlü biçimde ilişkilendirilen ve birbirini tamamlayan iki temel alan olarak kabul edilmektedir. Her iki disipline ait öğretim programlarının ortak amacı, öğrencilerin belirlenen kazanım ve hedef davranışlara ulaşmalarını sağlamaktır. Bu hedeflere ulaşılabilmesi ise öğrencilerin öğretim sürecinde anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmelerine bağlıdır. Anlamlı öğrenme, öğrencilerin yeni bilgileri mevcut bilgi yapılarıyla ilişkilendirmelerini, farklı kavramlar arasında bağlantı kurmalarını ve edindikleri bilgileri farklı disiplinlere ve gerçek yaşam durumlarına aktarabilmelerini gerektirmektedir. Bu bağlamda öğretim programları, öğrencilerin bilgiyi ezberlemekten ziyade yapılandırarak öğrenmelerini ve disiplinler arası geçişleri sağlayabilmelerini destekleyecek biçimde tasarlanmalıdır (MEB, 2009).

Sonuç olarak fen ve matematik, birbirinden bağımsız alanlar olarak ele alınmaktan ziyade, karşılıklı etkileşim içinde öğrenme sürecini destekleyen disiplinler olarak değerlendirilmelidir. Fen öğretiminde matematiksel düşünmenin sistemli biçimde kullanılması, öğrencilerin akademik başarılarının yanı sıra bilimsel okuryazarlık düzeylerinin geliştirilmesine de önemli katkılar sunmaktadır.

2.6. Matematiksel Taban Kavramı

Matematiksel taban, bir disiplinin veya öğrenme alanının temelini oluşturan kuramsal, kavramsal ve işlemsel yapılara verilen genel bir addır. Bu taban, öğrenenin üst düzey düşünme becerilerini geliştirmesine, problem çözme süreçlerini yapılandırmasına ve kavramlar arası bağlantıları kurmasına yardımcı olur. Matematiksel tabanın güçlendirilmesi,

özellikle fen ve teknoloji alanlarında derin öğrenmeyi destekleyen en temel bileşenlerden biri olarak kabul edilmektedir (Sfard, 2008).

Matematiksel taban yalnızca nicel işlem becerileriyle sınırlı değildir; kavramsal anlayış, sembolik düşünme, soyutlama, matematiksel modelleme ve mantıksal çıkarım gibi çok yönlü bileşenleri içermektedir. Bu yönüyle matematiksel taban, öğrenme süreçlerinin yapı taşı niteliğinde olup disiplinler arası ilişkilendirmeyi güçlendirmektedir (Kilpatrick vd., 2001).

2.6.1. Matematiksel tabanın öğrenme süreçlerindeki rolü

Öğrencilerin yeni bilgileri anlamlandırma süreçlerinde matematiksel taban kritik bir işlev üstlenmektedir. Özellikle fen bilimleri, mühendislik ve teknoloji eğitiminde matematiksel temelin güçlü olması, öğrencilerin soyut kavramlarla çalışmasını ve gerçek yaşam problemlerine çözüm geliştirmesini kolaylaştırır (National Research Council, 2012). Matematiksel tabanın etkili gelişimi; önceki bilgi düzeyi, öğrenme ortamı, öğretim stratejileri ve öğrencinin bilişsel gelişim özellikleri gibi faktörlerle yakından ilişkilidir.

Bu bağlamda yapılandırmacı yaklaşım, matematiksel tabanın güçlendirilmesinde önemli bir kuramsal çerçeve sunmaktadır. Öğrencilerin aktif katılımını destekleyen, çoklu temsilleri kullanan ve kavramları ilişkilendirmeye imkân veren öğrenme ortamları, matematiksel tabanın sürdürülebilir bir biçimde inşa edilmesine katkı sağlamaktadır (Cobb, 1994).

2.6.2. Matematiksel temel yapısının kavramsal çerçevesi

Kavramsal anlayış, matematiksel ilişkilerin ve temsillerin anlamlı bir bütünlük içinde yapılandırılmasını ifade eder. Öğrencilerin yalnızca kuralları uygulaması değil, bu kuralların gerekçelerini ve aralarındaki ilişkileri anlaması beklenir. Bu tür bir anlayış, esnek düşünme becerisinin gelişmesine katkı sağlar (Hiebert ve Carpenter, 1992).

Matematiksel akıl yürütme süreçleri, öğrencilerin gerekçelendirilmiş çıkarımlar yapabilmesini ve çözüm yollarını temellendirmesini sağlar. Mantıksal düşünme

becerilerinin gelişimi, fen ve matematik eğitiminde üst düzey bilişsel hedeflerin temelini oluşturmaktadır (Polya, 1954).

Modelleme, gerçek yaşam problemlerinin matematiksel ifade ve yapılarla temsil edilmesini kapsar. Öğrencilerin problemi analiz etmesi, matematiksel içerik üretmesi ve çözümleri yorumlaması sürecinde matematiksel taban kritik bir rol oynar (Blum ve Leiss, 2007).

2.7. Matematiksel Tabanın Disiplinler Arası Bağlamdaki Önemi

Güncel eğitim programları, disiplinler arası öğrenmeyi teşvik eden bir yapıya sahiptir. Matematiksel tabanın güçlü olması, özellikle fen bilimleri derslerindeki nicel analiz süreçlerini desteklemekte ve öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmektedir (OECD, 2019). Matematiksel tabanı gelişmiş öğrenciler, deney sonuçlarını yorumlama, bilimsel verileri analiz etme ve çıkarımlarda bulunma konusunda daha başarılıdır.

Bu nedenle STEM eğitimi, yalnızca disiplinlerin bir araya getirilmesi değil; aynı zamanda matematiğin bu disiplinleri anlamlandıran ve birbirine bağlayan temel çerçeve olarak kullanılmasını da içerir. Özellikle mühendislik tasarım döngüsü, matematiksel modelleme yoluyla güçlenir ve öğrencilerin problem çözme süreçleri daha sistematik hâle gelir (Moore vd., 2014).

2.8. Matematiksel Tabanı Geliştirmeye Yönelik Öğretim Yaklaşımları

Çoklu Temsil Kullanımı, kavramların grafiksel, sembolik, sayısal ve sözel temsillerle desteklenmesi, öğrencilerin matematiksel ilişkileri daha derinlemesine anlamalarına katkı sağlar (Duval, 2006).

Problem Tabanlı Öğrenme, gerçek yaşam problemlerine yönelik çözüm üretme süreçleri, öğrencilerin bilgiyi transfer etmesini ve matematiksel becerilerini daha etkili kullanmasını sağlar (Hmelo-Silver, 2004).

2.9. Fen Bilgisi Eğitiminde Matematiksel Taban Kavramı

Fen bilgisi öğretiminde matematiksel taban, fen bilgisi öğretim sürecinde herhangi bir bilimsel kavram işlenirken veya fen bilgisi argümanları temellendirilirken öğrencilerin matematiksel ön bilgilerini ortaya çıkaran, yeni matematiksel kavram ve temsil biçimlerini yapılandıran ya da doğrudan bir matematiksel eylem talep eden tüm matematiksel alt bileşenlerin bütünü olarak ifade edilir.

Fen Bilgisi eğitimi, öğrencilerin doğal dünyayı anlamalarını sağlayan temel bir disiplin olmakla birlikte, bu anlayışın derinliği büyük ölçüde matematiksel tabanın sağlamlığına bağlıdır. Literatürde, matematik ve fen Bilgisi arasındaki ilişki, sadece iki ayrı disiplinin kesişimi olarak değil, aynı zamanda fen bilgisi kavramlarının anlaşılmasını sağlayan bir yapı iskelesi olarak ele alınmaktadır (NRC, 2012).

Öğrencilerin, bilimsel verileri analiz etme, deney sonuçlarını yorumlama ve bilimsel modelleri formüle etme süreçlerinde karşılaştıkları zorlukların önemli bir kısmı, ilgili matematiksel araçları doğru bir şekilde uygulayamamalarından kaynaklanmaktadır (Duschl, vd., 2007).

Özellikle dinamik sistemler, denge ve değişim oranları gibi karmaşık bilimsel kavramlar, türevsel düşünme veya üstel büyüme gibi matematiksel modeller olmadan tam olarak anlaşılamaz. Fen Bilgisi öğretmenlerinin, matematiksel dilin (denklemler, grafikler ve semboller) sadece bir araç değil, aynı zamanda bilimsel bilginin temsil biçimi olduğunu kabul eden pedagojik yaklaşımları benimsemeleri elzemdir (Meltzer, 2002).

Bu entegrasyon, pasif formül ezberinden ziyade, öğrencilerin fiziksel bir durumu temsil eden denklemin değişkenlerini manipüle ederek sonuçları öngörmeleri gibi model tabanlı öğrenme etkinlikleriyle desteklenmelidir (Lesh ve Awojewski, 2007).

Örneğin, Newton'un İkinci Yasası ($F=m.a$) sadece bir formül değil, kuvvet, kütle ve ivme arasındaki orantısal ilişkiyi gösteren matematiksel bir modeldir. Bu ilişkinin grafiğini incelemek ve eğimi yorumlamak, kavramsal anlamayı güçlendirir. Bu nedenle, başarılı bir Fen Bilgisi eğitimi, matematiksel düşünme becerilerini fen içeriğinin ayrılmaz bir parçası

olarak gören ve bu entegrasyonu destekleyen disiplinler arası müfredat tasarımı ile mümkündür (Pellegrino ve Hilton, 2012).

2.10. Matematiksel Taban Kavramının Alt Boyutları

Fen ders kitaplarında matematiksel taban kavramı altı farklı alt boyut üzerinden incelenebilir (NRC, 2012). Bunlar sayısal ve oransal akıl yürütme, ölçme ile birim/boyut analizi, cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme, geometrik ve uzamsal akıl yürütme, veri analizi, istatistik ve olasılık, değişim hızı ve kalkülüs olmak üzere altı alt boyuttan meydana gelmektedir.

2.10.1. Sayısal ve oransal akıl yürütme

Fen bilgisi öğretimi sürecinde kesir, ondalık ve yüzde dönüşümleri ile oran-orantı kavramlarının kullanımı, öğrencilerin yoğunluk ve hız gibi yoğun nicelikleri anlamlandırmalarında kritik bir rol oynamaktadır (Boudreaux vd., 2020). Lamon (2007) tarafından sunulan kuramsal çerçeveye göre sayısal ve oransal akıl yürütme; bireyin ölçme uzayları içindeki niceliksel oranlılığı sezmesi ve bu oranlılığı farklı ölçme uzayları arasında işlevsel bir bağıntıya dönüştürebilme yetisi olarak tanımlanmaktadır. Bu bilişsel yeterlilik, sabit birim-oranı koruyarak ölçekleme yapma (örneğin; her 3 birim tuz bileşeni için 2 birim su kullanılması) veya değişkenler arasında doğrusal kovaryasyon kurma (örneğin; zamanın iki katına çıkmasıyla kat edilen yolun da iki katına çıkması) gibi karmaşık süreçleri kapsamaktadır. Söz konusu yetkinlik; matematiksel temsiller (tablo, grafik, denklem) arası geçişleri mümkün kılarak yoğunluk, basınç, hız ve molarite gibi fen bilimlerinin temelini oluşturan bileşik niceliklerin kavramsallaştırılmasını sağlamaktadır.

Sayısal ve oransal akıl yürütme becerileri, fen eğitiminde bilimsel düşüncenin şekillenmesi ve yöntemlerin içselleştirilmesi açısından temel taşlar olarak kabul edilmektedir. Öğrencilerin sayısal verileri yorumlama ve analiz etme kapasiteleri, bilimsel araştırmaların metodolojik zeminini oluşturmaktadır (Işıksal-Bostan vd., 2019; Wati vd., 2019). Orantısal akıl yürütme, yalnızca hesaplama becerilerini ve oranların kavranmasını geliştirmekle kalmamakta, aynı zamanda öğrencilerin bilimsel problemlere yönelik eleştirel düşünme becerilerini de pekiştirmektedir (Işıksal-Bostan vd., 2019).

Fen eğitiminde oransal akıl yürütme becerilerinin gelişimi, yenilikçi pedagojik yaklaşımlar ve uygulama temelli müdahalelerle doğrudan ilişkilidir. Wati ve arkadaşlarının (2019) çalışması, bilimsel arka plana dayalı öğretim tasarımlarının öğrencilerin akıl yürütme süreçlerini pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Benzer şekilde, Işıksal-Bostan ve arkadaşları (2019) tarafından yürütülen araştırma, uygulamalı etkinliklerin öğrencilerin matematiksel becerileri ile bilimsel görüşlerini eş zamanlı olarak artırmada etkili olduğunu ve bu tür müdahalelerin öğretim süreçlerinde merkezi bir konuma sahip olması gerektiğini ortaya koymuştur.

Bilimsel akıl yürütme becerilerinin optimize edilmesinde görev bağlamı, veri sunumu ve deneysel tasarımın önemi Zhou ve meslektaşları (2016) tarafından vurgulanmıştır. Bu yaklaşım, orantısal akıl yürütmenin farklı disiplinlerdeki işlevselliğini kanıtlarken, öğrencilerin bilimsel düşünce yapısını destekleyecek spesifik stratejilerin gerekliliğine dikkat çekmektedir. Ayrıca, sayısal düşünme ve oransal akıl yürütme becerilerinin günlük yaşam senaryoları üzerinden somutlaştırılması, öğrencilerin soyut kavramları bağlamsal bir çerçevede değerlendirmelerini kolaylaştırmaktadır (Işıksal-Bostan vd., 2019).

Sonuç olarak, sayısal ve oransal akıl yürütme yetkinliklerinin geliştirilmesi bilim eğitiminin temel hedefleri arasında yer almaktadır. Öğretim süreçlerinde çeşitlendirilmiş metodolojilerin benimsenmesi, öğrencilerin kavramsal anlamalarını ve uygulama becerilerini derinleştirmektedir. Güncel araştırmalar, bu tür üst düzey düşünme becerilerinin bilimsel okuryazarlığı artırmada ve bireylerin günlük yaşamda karşılaştıkları problemleri rasyonel bir yaklaşımla çözmelerinde belirleyici bir rol oynadığını doğrulamaktadır (Zheng ve Zhang, 2023).

2.10.2. Ölçme ile birim/boyut analizi

Uluslararası Birimler Sistemi (SI), bilimsel çalışmalarda birim dönüşümlerinin standartlaştırılması ve boyutsal tutarlılığın denetlenmesi hususunda temel bir yapı taşı oluşturmaktadır. Boyutsal tutarlılık, matematiksel bir eşitliğin her iki tarafının yalnızca sayısal değer bakımından değil, aynı zamanda temsil edilen fiziksel birimler açısından da özdeş olması gerekliliğini ifade etmektedir. Bu denetim süreci, denklemler üzerine inşa

edilen bilimsel modellemelerin yapısal bütünlüğünü korumakta ve verilerin anlamlandırılması sürecinde hata payını minimize etmektedir (NRC, 2012).

Eğitim literatüründe, ölçme ve değerlendirme süreçlerinin öğrencilerin bilişsel gelişimlerinin yanı sıra, farklı sosyo-kültürel arka planlarına da entegre edilmesi gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Kültürel açıdan kapsayıcı ve bağlama duyarlı öğretim metodolojilerinin, fen eğitiminin niteliği ve kalıcılığı üzerinde belirleyici bir etkisi olduğu saptanmıştır (İsa vd., 2022; Parsons Carlone, 2012). Bu doğrultuda, fen bilgisi müfredatlarının öğrencilerin kültürel çeşitliliğini yansıtacak şekilde yapılandırılmasının, bilimsel süreçlere olan katılımı ve kavramsal kavrayış seviyelerini artıracakı öngörülmektedir (Doğan, 2023).

Modern eğitim yaklaşımlarında teknoloji, laboratuvar deneyleri ve ölçme süreçlerinde merkezi bir fonksiyon icra etmektedir. Yapılan çalışmalar, sanal laboratuvar simülasyonları ile fiziksel laboratuvar uygulamalarının hibrit bir modelde sunulmasının, soyut ve karmaşık bilimsel olguların kavranmasına pozitif yönde katkı sağladığını göstermektedir (Jong vd., 2013).

Genel bir perspektifle değerlendirildiğinde; bilim eğitiminde ölçme, birim ve boyut analizleri, yalnızca akademik başarının göstergesi değil, aynı zamanda güncel gereksinimlere yanıt veren işlevsel bir müfredatın temel bileşenleridir. Teknolojinin sürece dahil edilmesi, kültürel hassasiyetlerin gözetilmesi ve paydaşlar arası iş birliğine dayalı müfredat geliştirme stratejileri; öğrencilerin hem teorik düzeyde ilerlemeleri hem de pratik bilimsel uygulamalarda yetkinlik kazanmaları için gerekli olan zengin öğrenme ekosistemini tesis etmektedir.

2.10.3. Cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme

Matematiksel modelleme ve fonksiyonel düşünme, fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin soyut matematiksel kavramları gerçek dünya fenomenleriyle ilişkilendirmelerine olanak tanıyan kritik bileşenler olarak değerlendirilmektedir. Sembolik temsil ve analiz yeteneği olarak tanımlanan cebirsel düşünme becerisi, yalnızca cebirsel konularla sınırlı kalmayıp;

geometri, istatistik ve temel bilimsel ilkelerin kavranması ile problem çözme süreçleri için yapısal bir zemin oluşturmaktadır (Ergün Aydın, 2015; Usta ve Özdemir, 2018).

Cebirsel düşünme, bilimsel araştırma metodolojisi için elzem olan geniş bir beceri yelpazesini kapsamaktadır. Bu yetkinlik; bilimsel olguların matematiksel modellerle temsil edilmesini, veri odaklı kestirimlerin yapılmasını ve analizler yoluyla çıkarımlarda bulunulmasını içermektedir. Örneğin, kimyasal tepkime hızlarının hesaplanması veya biyolojik büyüme modellerinin yorumlanması süreçlerinde öğrenciler, değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlamak amacıyla sıklıkla cebirsel ifadelerden ve fonksiyonel modellerden yararlanmaktadır (Özkaya vd., 2023).

Matematiksel modelleme, öğrencilerin karmaşık problemlere yönelik gerçek dünya senaryolarını formüle ettikleri dinamik bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Modelleme disiplini sayesinde öğrenciler, önemsiz ayrıntıları soyutlayarak kritik değişkenlere odaklanmayı öğrenmekte ve hem matematiksel hem de bilimsel alanlarda analitik kapasitelerini geliştirmektedir.

Literatürdeki araştırmalar; grafik, tablo ve denklem gibi çoklu matematiksel temsilleri yetkinlikle kullanabilen öğrencilerin, üst düzey problem çözme becerileri sergilediğini ortaya koymaktadır. Özellikle ortaokul düzeyindeki çalışmalarda, cebirsel ifadeleri ve fonksiyonel modelleri manipüle edebilen öğrencilerin, bilimsel içeriklerle etkileşime girme ve karmaşık verileri işleme noktasında akranlarına oranla daha başarılı oldukları gözlemlenmiştir (Pewnim vd., 2011).

Fen eğitimi bağlamında cebirsel ve fonksiyonel düşünmeyi desteklemek amacıyla, öğrencilere matematiksel modellemeyi deneyimleyebilecekleri araştırma temelli öğrenme ortamlarının sunulması gerektiği vurgulanmaktadır. Hipotez kurma, sistematik veri toplama ve matematiksel çerçevelerin uygulanmasını gerektiren pedagojik görevler, öğrencilerin matematiksel bilgilerini bilimsel akıl yürütme süreçlerine entegre etme kapasitelerini güçlendirmektedir (Apedoe vd., 2006).

Aktif ve iş birlikçi öğrenme stratejilerini temel alan araştırma odaklı öğretim modellerinin, öğrencilerin bilimsel sorgulama ve matematiksel muhakeme yeteneklerini anlamlı düzeyde

artırdığı saptanmıştır. Gerçek dünya olguları üzerine kurgulanmış yapılandırılmış araştırma görevleri, hem matematiksel fonksiyonların işleyişine hem de bilimsel ilkelerin özümsemesine yönelik bütüncül bir anlayış geliştirmektedir (Keller vd., 2004).

2.10.4. Geometrik ve uzamsal akıl yürütme

Geometrik ve uzamsal akıl yürütme, fen eğitimi disiplininde öğrencilerin matematiksel kavramlar ile bilimsel olguları anlamlandırma ve bu unsurlarla etkileşim kurma biçimlerini belirleyen kritik bileşenler olarak değerlendirilmektedir. Bu akıl yürütme becerilerinin gelişimi, yalnızca geometrik ilkelerin teknik kazanımı ile sınırlı olmayıp; gerçek dünya bağlamlarında işlevsel problem çözme ve uygulama süreçleri için vazgeçilmez bilişsel operasyonları kapsamaktadır. Bu bağlamda, geometrik yetkinlikler bireyin karmaşık bilimsel sistemleri zihinsel olarak modellemesine olanak tanıyan bir temel teşkil etmektedir.

Literatürdeki araştırmalar, geometrik akıl yürütmenin matematik eğitiminde merkezi bir konumda bulunduğunu ve bilimsel kavramların kavranmasında bir köprü işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır. Poon ve Leung (2016), geometrinin sadece şekilsel özelliklerin idrak edilmesini değil, aynı zamanda tümdengelimli ve tümevarımsal akıl yürütme süreçlerinin eş zamanlı olarak devreye girmesini gerektirdiğini vurgulamaktadır. Bu perspektifi destekleyen Risnawati vd. (2019) ise geometrik yetkinliklerin öğrencilerin genel bilişsel kapasitelerini artırarak farklı matematiksel alanlardaki muhakeme becerilerini optimize ettiğini savunmaktadır. Özellikle öğretmen adaylarının sağlam bir geometrik altyapıya sahip olmalarının, nitelikli bir matematik öğretimi sunabilmeleri açısından hayati önem taşıdığı belirtilmektedir.

Geometrik akıl yürütmenin önemli bir alt kümesi olan uzamsal akıl yürütme, matematik ve fen bilimleri alanındaki akademik performansla doğrudan ilişkilendirilmektedir. Hart vd. (2018), sezgisel geometrik akıl yürütmenin gelişim sürecini inceleyerek, bu sürecin geometrik kavramların zihinsel manipülasyonunu içerdiğini saptamıştır. Söz konusu yetenek, bireylerin geometrik verileri geniş kapsamlı bilimsel akıl yürütme süreçleriyle ilişkilendirmesine imkan tanımakta; özellikle fizik ve mühendislik gibi yüksek düzeyde uzamsal farkındalık gerektiren disiplinlerde anlamlandırmayı kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, güncel meta-analiz sonuçları, uzamsal becerilere yönelik eğitsel müdahalelerin öğrencilerin

genel matematik performansında anlamlı iyileşmeler sağladığını kanıtlamaktadır (Hawes vd., 2022).

Fen eğitimi perspektifinden bakıldığında geometrik akıl yürütme, bilimsel araştırma becerilerinin gelişimini doğrudan desteklemektedir. Çocukların erken yaşlardan itibaren geometrik ilkeleri bilişsel süreçlerine entegre etmeye başlamaları, ilerleyen dönemlerdeki sofistike bilimsel sorgulamaların temelini oluşturmaktadır (Izard vd., 2011). Uzamsal ilişkilerin kavranması; grafiksel gösterimlerin analizi, model simülasyonlarının yorumlanması ve bilimsel verilerin deşifre edilmesi süreçlerinde merkezi bir rol oynamaktadır (Hartmann vd., 2015). Fen eğitimine uzamsal akıl yürütmenin entegre edilmesi, yalnızca bilimsel okuryazarlığı geliştirmekle kalmayıp, aynı zamanda karmaşık bilimsel argümanların analiz edilmesi ve kanıta dayalı hipotezlerin formüle edilmesi yetisini de pekiştirmektedir (Lakhvich, 2021).

Eğitim teknolojilerindeki ve metodolojik yaklaşımlardaki ilerlemeler, geometrik öğrenme stratejilerinin zenginleşmesine katkı sağlamıştır. Dinamik geometri ortamları, öğrencilerin keşif ve görselleştirme yoluyla geometrik prensipleri içselleştirmelerine yardımcı olan etkileşimli platformlar sunmaktadır (Alqahtani ve Powell, 2015). Yapılan araştırmalar, bu tür yenilikçi ve sanal öğrenme ekosistemlerinin hem geometrik akıl yürütmeyi hem de genel matematiksel düşünme becerilerini geliştirmede etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir (Lei vd., 2023).

2.10.5. Veri analizi, istatistik ve olasılık

Veri analizi, istatistik ve olasılık yetkinlikleri, fen eğitimi disiplininde öğrencilerin bilgiyi işleme, ampirik verilerden geçerli sonuçlar çıkarma ve kanıta dayalı karar verme süreçlerini yöneten hayati bileşenler olarak kabul edilmektedir. Söz konusu beceriler, yalnızca matematiksel birer temel teşkil etmekle kalmayıp, bilimsel araştırma süreçleriyle nitelikli bir etkileşim kurabilmek için de kritik bir öneme sahiptir. Modern bilim dünyasının büyük veri setlerine (big data) dayalı yapısı göz önüne alındığında, bu matematiksel araçların fen müfredatlarına entegrasyonu, öğrencilerin çağdaş bilimsel uygulamaların gerektirdiği zorluklara hazırlanması açısından esastır.

Güncel eğitim araştırmaları, fen öğretim metodolojilerine pratik veri analizinin dahil edilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Holley ve Park (2020), temel bilim fikirlerinin çevresel temalarla entegre edilmesinin, yapılandırmacı öğretim pratikleri aracılığıyla öğrencilerin çevre bilimlerine yönelik başarılarını ve öz yeterlik algılarını anlamlı düzeyde artırdığını belirtmiştir. İstatistiksel kavramların çevre eğitimi bağlamında vurgulanması, öğrencilerin bilimsel veri analizinin gerçek dünya senaryolarındaki karşılığını kavramalarını sağlamakta ve öğrenme deneyimlerini derinleştirmektedir.

Veri bilimi ve istatistiksel analizlerin eğitim süreçlerine entegrasyonu, öğretmen yeterlilikleri bağlamında çeşitli engellerle karşılaşmaktadır. Emery vd. (2021) tarafından yapılan çalışma, birçok eğitimcinin yetersiz arka plan bilgisi ve müfredat kısıtlılıkları nedeniyle veri bilimi öğretimi konusunda kendilerini hazır hissetmediklerini ortaya koymuştur. Bu durum, öğretmenlerin veri odaklı bilimsel araştırmaları yürütebilecek analitik araçlarla donatılmasını hedefleyen mesleki gelişim programlarının önemine işaret etmektedir. Güçlü bir istatistiksel arka plana sahip eğitimciler, öğrencilerin veri okuryazarlığı yüksek, titiz bir fen eğitimi almalarına rehberlik etmektedir.

Fen öğretiminin etkililiğinin ölçülmesinde nitel ve nicel değerlendirme yaklaşımları stratejik bir rol oynamaktadır. Uşak vd. (2022), başarı testleri ve betimsel istatistikler gibi kapsamlı veri toplama yöntemlerinin, öğrencilerin fen bilimlerine yönelik tutum ve başarı düzeylerini belirlemede temel araçlar olduğunu ifade etmiştir. Bu tür metodolojik değerlendirmeler, pedagojik stratejilerin optimize edilmesi ve öğrencilerin fen alanındaki öğrenme deneyimlerinin bilimsel standartlara göre iyileştirilmesi açısından kritiktir.

Bunun yanında, bilgisayar simülasyonları gibi teknolojinin etkili kullanımının, öğrencilerin sanal ortamda veri analizi ile etkileşime girmelerini sağlayarak fen süreci becerilerini öğrenmelerini desteklediği gösterilmiştir. Beichumila ve arkadaşları, öğrencilerin istatistiksel akıl yürütmeyi vurgulayan etkileşimli öğrenme deneyimleri yoluyla hipotez kurma, deney planlama ve sonuç çıkarma becerilerini geliştirdiğini belirtmiştir (Beichumila et al., 2022). Bu bulgular, fen eğitimi içinde istatistiksel okuryazarlığı geliştirmek için teknolojiden yararlanmanın önemini göstermekte ve öğrencilerin analitik becerilerine derinlik katmaktadır.

Araştırma temelli ve veri odaklı öğretim yaklaşımlarının müfredata dahil edilmesi, bilimsel kavramların ve istatistiksel yöntemlerin içselleştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Veri biliminin istatistik derslerine entegre edilmesi, öğrencilerin veriler üzerinde eleştirel düşünme kapasitelerini geliştirmektedir (Hicks ve Irizarry, 2018; Loy vd., 2019). Gerçek dünya verilerinin analizi üzerine kurgulanan dersler, öğrencilere yalnızca veri yorumlamayı değil, aynı zamanda bilimsel çalışmalarda kaçınılmaz olan doğal belirsizlik ve değişkenliği yönetmeyi de öğretmektedir. Bu perspektif, geleceğin bilim insanlarının rasyonel ve eleştirel düşünme becerilerini inşa etmek açısından temel bir gerekliliktir.

2.10.6. Değişim hızı ve kalkülüs

Fen bilimleri eğitiminde değişim hızı ve kalkülüs, bilim topluluğunun gelişen taleplerine uygun öğretim metodolojilerinin geliştirilmesinde kritik odak alanlarını teşkil etmektedir. Teknolojideki ve bilimsel algıdaki ivmeli ilerleme, kalkülüsün öğretim yöntemlerinin ve fen müfredatlarına entegrasyon biçimlerinin yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Kalkülüs; fizikteki hareket mekaniğinden biyolojik sistemlerdeki değişim oranlarına kadar geniş bir yelpazedeki bilimsel olguların analiz edilmesinde temel bir analitik araç işlevi görmektedir. Bu bağlamda, kalkülüsün gerçek dünya problemlerini çözmedeki işlevselliğini vurgulayan pedagojik yaklaşımların benimsenmesi, öğrenci başarısı açısından elzemdir (Jaafar ve Yan, 2017).

Kalkülüs sınıflarında aktif katılımı teşvik eden değerlendirme süreçleri, öğrencilerin kavramsal eksikliklerini tespit etmelerine ve STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) disiplinleriyle daha derin bağlar kurmalarına olanak tanımaktadır. Jaafar ve Yan (2017), zamanında sağlanan geri bildirimlerin öğrenme süreçlerini desteklediğini ve öğrencilerin ilerlemesini optimize ettiğini savunmaktadır. Bu yaklaşım, çağdaş eğitim teorilerinde yer alan, öğrencinin bilişsel gelişimini sürekli izleyen değerlendirme modelleriyle uyumluluk göstermektedir.

Eğitim teknolojilerindeki gelişimle birlikte, geleneksel öğretim paradigmasının yerini alan "ters yüz edilmiş sınıf" modeli, kalkülüs eğitiminin niteliğini artırmada stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır. Jungić ve arkadaşları., (2014) tarafından ele alınan bu modelde, teorik ders içeriğinin sınıf dışı dijital ortamlara aktarılması, sınıf içi sürenin bütünüyle

etkileşimli öğrenme faaliyetlerine ve karmaşık problemlerin çözümüne ayrılmasına olanak tanımaktadır. Bu metodolojik dönüşüm, öğrencilerin bilişsel süreçlere aktif katılımını sağlamanın yanı sıra, destekleyici bir öğrenme ekosistemi içerisinde iş birlikçi çalışma disiplini teşvik etmektedir. Kalkülüs öğretiminde benimsenen bu tür dinamik yaklaşımlar gerek modern eğitim paradigmalarındaki değişimlere gerekse bilimsel alanlarda hızla evrilen analitik taleplere uyum sağlama noktasında kritik bir işlev görmektedir.

Kwon ve arkadaşları., (2015) tarafından ifade edildiği üzere, araştırma temelli öğrenme modellerinin entegrasyonu, öğrencilerin argümantasyon becerilerini geliştirmek ve özellikle çok değişkenli kalkülüs kavramlarını anlamlandırmak açısından esastır. Bu araştırma odaklı yaklaşım, karmaşık bilimsel problemlerin çözümünde kalkülüsün nasıl bir uygulama alanı bulduğunu somutlaştırmaktadır. Müfredat tasarımı, yalnızca teknik matematiksel becerilerin kazandırılmasını değil, aynı zamanda bilimsel keşif süreçleri için hayati olan eleştirel düşünme ve analitik problem çözme yetilerinin geliştirilmesini hedeflemelidir.

Kalkülüs öğretiminin modernizasyonunda dijital simülasyonlar ve iş birlikçi problem çözme araçları gibi eğitim teknolojilerinden yararlanılması büyük önem arz etmektedir. Yi (2019), bu teknolojilerin dahil edilmesinin öğrenme deneyimlerini zenginleştirdiğini ve öğrencilerin soyut matematiksel materyallerle daha etkin bir etkileşim kurmasını sağladığını savunarak kalkülüs öğretiminde reform çağrısında bulunmuştur. Yenilikçi öğretim yöntemleri, öğrencileri sürekli dönüşen bilimsel araştırma ve uygulamalı matematik ekosistemine adapte etmede belirleyici bir faktördür.

Kalkülüs öğretiminde karşılaşılan zorlukların aşılması sürecinde, eğitimcilerin pedagojik reformlar için zaman kısıtlılığı gibi kurumsal engellerle mücadele etmesi gerekmektedir (Brownell ve Tanner, 2012). Eğitimcilerin hem alan bilgisi hem de çağdaş pedagojik stratejilerle donatılması, bu değişimlerin etkin yönetimi için acil bir ihtiyaçtır. Fen ve matematik bölümleri arasındaki disiplinler arası iş birlikleri, kalkülüsün fen eğitiminde işlevsel bir araç olarak kullanılmasında eğitimcilerin öz yeterliklerini ve mesleki yetkinliklerini artırma potansiyeline sahiptir.

2.11. Fen Bilgisi ve Matematik Entegrasyonu

Fen bilimleri ile matematik öğretiminin birbirine entegre edilmesi ve bu iki disiplinin birlikte bağlantı kurarak düşünme becerisini kazandırabilmek olarak ifade edilmektedir (Temel vd., 2015).

Disiplinlerin birbiri ile olan ilişki ve bağıntısı günümüzde problem çözüm ve hızlı gelişim gösteren teknolojilere daha verimli çözüm bulma konusunda gerek duyulmaktadır. Disiplinlerin birbiri içerisinde farklı akademik verilerden elde edilen bilgi, yaklaşım ve metotların bir araya getirilmesi ile öğrenme düzey ve tecrübesine olumlu katkıda bulunmaktadır. Bu bakış açısı çeşitli disiplinlerin birbiri içerisinde bağlantı sağlama kabiliyetini ve parçaların bir araya getirilerek bir bütün halinde görülmesini sağlamaktadır (Baltacı, 2014; Yıldırım, 1996).

Fen bilimleri ve matematik derslerinin entegre edilmesi öğrenciye olumlu etki olarak başarı seviyesini artıracak, derse olan ilgiyi destekleyecek öğrenmeyi anlamlandırarak gerçekleştirme deneyimi sağlayacaktır. Bu bakış açısı, disiplinler arası ilişkiyi kurma ve bağlantılar oluşturma konusundaki becerilerin ilerlemesine katkıda bulunabilir ve ileriki zamanda karşılaşılabilecek problemlere çözüm üretme becerisi kazanmasına destek olabilecektir. Fen ve matematiğin entegre olduğu eğitim araştırmalarının görüldüğü eğitim ortamlarında öğrencilerin derse olan ilgileri ve başarı seviyelerinin yükseldiği görülmektedir. Aynı zamanda bu eğitim ortamlarının yeni deneyimler için güzel fırsatlar sunduğu görülmektedir (Furner ve Kumar, 2007; Lonning ve DeFranco 1997; Taşdemir, 2008; Obalı, 2009; Yeniterzi 2016).

Alan yazın incelendiğinde, fen bilgisi dersinde matematiksel ifadeler, kavramlar ve konular bağlamında karşılaşılan güçlüklerin çeşitli araştırmalarla ele alındığı görülmektedir (Aydın ve Temel, 2012; Çavaş, 2002; Cengiz, Uzunoğlu ve Daşdemir, 2012). Matematiksel hazır bulunuşluk düzeyi yetersiz olan öğrencilerin, fen bilgisi dersindeki öğrenme süreçlerinde ciddi akademik problemler ve güçlükler yaşadıkları saptanmıştır (Özdemir, 2006). Bu sorunların temel kaynağı, öğrencilerin matematik dersinde edindikleri kazanımları fen bilgisi disiplinine aktaramamaları, bir başka deyişle disiplinler arası bilgi transferini gerçekleştirememeleri olarak açıklanabilir (Karaca, 2010). Özetle, fen eğitiminde

kronikleşen bu problemlerin en belirgin nedenlerinden biri, öğrencilerin sahip olduğu matematiksel bilgi birikiminin hedeflenen seviyede olmamasıdır (Avcı, 2006).

2.12. İlgili Literatür Araştırmaları

Günümüzün ileri teknolojik altyapısına ve dijitalleşme sürecine rağmen ders kitapları, eğitim-öğretim faaliyetlerinin temel yapı taşı olma özelliğini sürdürmekte ve pedagojik değerini istikrarlı bir şekilde korumaktadır. Ders kitapları; öğrenciye kuramsal bilgi sunan bir kaynak olmanın ötesinde, öğretim programındaki kazanımlarla uyumlu bilimsel keşif süreçlerine zemin hazırlayan ve bireyin öğrenme yolculuğunda rehberlik eden stratejik bir öğretim materyali olarak tanımlanmaktadır (Kahveci, 2020).

Uluslararası alanyazında gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, ders kitaplarının öğretim süreçlerinin niteliği üzerinde belirleyici bir role sahip olduğu görülmektedir. Nitekim yapılan araştırmalar, öğretmenlerin büyük bir çoğunluğunun ders kitaplarını temel referans kaynağı olarak kullandığını, hatta bu materyallerin zaman zaman öğretim programının (müfredatın) işlevsel bir ikamesi haline geldiğini ortaya koymaktadır (Sürebahanlı, 2018).

Uzuntiryaki ve Boz'un (2006) yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada, öğretmen adaylarının uygulama sürecinde ders kitaplarından sınırlı düzeyde yararlandıklarını; bu materyalleri öncelikli olarak müfredat takibi, ders planı hazırlığı ve sunum içeriklerini yapılandırma aşamalarında kullandıklarını ortaya koymaktadır. Buna karşın; bilgi eksikliklerini giderme, deney ve etkinlik kurgulama, görsel materyal temini ve üst düzey bilişsel becerileri hedefleyen soru hazırlama süreçlerinde ders kitaplarının kullanım oranının oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Katılımcıların ders kitaplarını tercih etmeme gerekçelerinin başında; içeriklerin yüzeysel bulunması, bilimsel hataların mevcudiyeti ve ölçme-değerlendirme sorularının analiz ile sentez gibi üst düzey basamaklardan ziyade yalnızca bilgi düzeyine odaklanması gelmektedir. Eğitim-öğretim sürecinin temel yapı taşlarından biri olan ders kitaplarının, öğrenci başarısını artırması ve öğretmenlere etkili bir kılavuzluk sunabilmesi için niteliksel açıdan geliştirilmesi, pedagojik olarak zenginleştirilmesi ve öğretmen adaylarının bu materyalleri etkin kullanma yöntemleri konusunda teşvik edilmesi akademik bir gereklilik olarak görülmektedir.

Fen bilgisi ders kitapları, öğrencilerin bilimsel bilgiye erişim süreçlerinde ve bu bilgileri anlamlandırarak yapılandırmalarında temel bir öğretim materyali olarak kabul edilmektedir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının söz konusu materyalleri hem görsel tasarım hem de bilişsel düzey açısından tetkik etmeleri, kitapların etkililik ve verimlilik bağlamında değerlendirilmesine yönelik nitelikli dönütler sağlanmasına imkan tanıyabilir. Bu kapsamda, lisans düzeyindeki öğretmen adaylarının ders kitaplarını; fen okuryazarlığı, görsel materyal kullanımı, bilimsel süreç becerileri ve sorgulamaya dayalı öğrenme gibi belirli kriterler çerçevesinde analiz etmeleri kritik bir öneme sahiptir. Bu tür bir inceleme öncesi ve sonrasında adayların değişen algılarının belirlenmesi, ders kitaplarının hem dış yapı (görsel unsurlar) hem de içeriksel derinlik açısından farklı perspektiflerle değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır (Dimopoulos vd., 2003; Uçar ve Somuncuoğlu Özerbaş, 2017).

Fen eğitiminde matematiğin kullanımı, bilimsel düşünmenin nicel ve kavramsal boyutlarını yapılandıran temel bir bileşen olarak literatürde yaygın biçimde kabul edilmektedir. Matematik, fen kavramlarının nicel temsillerini sağlama ve değişkenler arasındaki ilişkileri sembolik olarak ifade etme işlevi nedeniyle fen eğitiminin epistemik yapısında merkezî bir role sahiptir (Redish, 2005; Tuminaro ve Redish, 2007). Bu çerçevede matematik, fen olaylarının yalnızca sayısal betimlemesini değil aynı zamanda bu olaylara dair analitik çıkarımlar yapmayı mümkün kılan bir “bilim dili” olarak anlaşılmaktadır (Ainsworth, 2008).

Literatür, fen öğreniminin kavramsal derinliğinin matematiksel temsiller aracılığıyla desteklenmesinin öğrenme çıktıları açısından kritik olduğunu göstermektedir (Goldin, 2014).

Fen ve matematiğin disiplinlerarası ilişkisi, özellikle STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) eğitim yaklaşımlarında vurgulanmaktadır. STEM entegrasyonuna yönelik çerçeveler, matematiğin fen bağlamında yalnızca hesaplamalar ve veri gösterimi ile sınırlı kalmaması gerektiğini; bunun yerine matematiksel modelleme ve problem çözme süreçlerini fen öğrenimine aktarması gerektiğini ileri sürmektedir (Stohlmann, Moore ve Roehrig, 2012).

Fen eğitiminde matematiksel temsillerin öğrenci anlamlandırmasını desteklemesi, özellikle çoklu temsiller kullanımı bağlamında literatürde geniş yer bulmaktadır. Matematik

eğitiminde çoklu temsiller, bir matematiksel fikri grafikler, tablolar, formüller ve sözel ifadeler gibi farklı gösterimlerle ifade etme sürecidir ve bu dönüşümlerin bilimsel anlam kurma becerilerini derinleştirdiği belirtilmektedir (Ainsworth, 2008; Goldin, 2014).

Uluslararası araştırmalar, fen öğretiminde matematiğin kullanımı ile ilgili öğretmen algıları, uygulama güçlükleri ve beklentileri üzerine nitel çalışmalara da dikkat çekmektedir. Fen bilimleri öğretmenleri, fen ve matematik entegrasyonunun fen derslerinde kavramsal ilişkileri güçlendirdiğini belirtmekle birlikte, uygulamada öğrenci matematik becerilerindeki eksiklikler, zaman kısıtlılıkları ve müfredat uyumsuzluğu gibi zorluklarla karşılaştıklarını ifade etmektedir (Roehrig, Moore ve Wang, 2012).



3.YÖNTEM

Bu araştırmada, fen eğitimindeki dönüşümü matematiksel temeller ekseninde anlamak amacıyla "Sistematiik İçerik Analizi" deseni benimsenmiştir. Belirlenen üç farklı dönemi (1950'ler, 1980'ler ve 2020'ler) temsil eden ortaokul Fen Bilgisi ders kitapları; kapsam, dağılım ve niteliksel özellikler açısından derinlemesine incelenmiştir. Verilerin tasnifi, hiyerarşik kodlama sisteminin oluşturulması ve tematik haritalandırma süreçlerinde MAXQDA 2024 Nitel Veri Analizi Yazılımı (NVAY) kullanılmıştır. Yazılım aracılığıyla gerçekleştirilen görselleştirme ve matris analizleri, dönemler arası karşılaştırmaların nesnel ve sistematik bir zeminde yürütülmesine olanak sağlamıştır.

3.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, ortaokul fen bilimleri müfredat materyallerinde matematiksel temellerin temsilini incelemek için nitel karşılaştırmalı içerik analizi kullanmıştır: 1954 temel fen bilimleri ders kitabı, 1984 fen bilimleri ders kitabı ve 2024 Türk ulusal fen bilimleri ders kitabı. Metodolojik yaklaşım, müfredat tasarımındaki ve epistemik yönelimdeki değişimleri yakalamak için sistematik kodlama, kategori geliştirme ve boylamsal karşılaştırmayı vurgulayan yorumlayıcı eğitim araştırması çerçevesinde yer almıştır.

Çalışma, fen eğitimindeki matematiksel temellerin açık sayısal zekânın ötesine geçerek yapısal akıl yürütme, temsili akıcılık ve matematiksel fikirlerin bilimsel söyleme yerleştirilmesini de kapsadığı kabulüne dayanmaktadır. Bu nedenle, analiz yalnızca matematiksel içeriğin varlığını nicelleştirmeyi değil, aynı zamanda bilişsel gereksinimini, bağlamsallaştırmasını ve pedagojik işlevini de tanımlamayı amaçlamıştır.

3.2. Evren ve Örneklem

Bu araştırma, ülkemizdeki fen eğitimi müfredatının tarihsel gelişimini matematiksel temeller perspektifinden incelemeyi amaçlayan nitel bir içerik analizidir. Araştırmanın Evreni, çalışmanın genel evrenini, Türkiye Cumhuriyeti'nde Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından ortaokul (veya dönemsel karşılığı olan Orta 2) düzeyinde okutulmak üzere yayımlanmış olan tüm fen bilimleri ders kitapları oluşturmaktadır.

Araştırmanın Örneklemi, Araştırmada amaçlı örnekleme yöntemlerinden "ölçüt örnekleme" ve "karşılaştırmalı örnekleme" stratejileri benimsenmiştir. Bu bağlamda, Türkiye'nin eğitim tarihindeki üç farklı önem arz eden dönemleri temsil etmesi amacıyla belirlenen şu üç fen bilgisi ders kitabı araştırmanın çalışma grubunu (örneklemini) teşkil etmektedir:

1. 1954 fen bilgisi ders kitabı. Maarif Vekaleti Talim ve Terbiye Kurulunun 5/1X/1953 tarih ve 242 sayılı kararıyla ders kitabı olarak kabul edilmiştir.
2. 1984 fen bilgisi ders kitabı. Milli Eğitim Basımevi 1984.
3. 2024 fen bilimleri ders kitabı. MEB Talim ve Terbiye Kurulunun 28.11.2022 tarihli ve 95 sayılı (Ekli listenin 20'nci sırasında) kararıyla 2023-2024 eğitim öğretim yılından itibaren 5 (beş) yıl süreyle ders kitabı olarak kabul edilmiştir.

3.3. Veri Toplama Araçları

Veri toplama aracı olarak üç temel araç seçildi:

- 1.1954 Fen bilimleri ders kitabı Türkiye'de ortaöğretim fen bilimleri eğitiminde yaygın olarak kullanılan, olgusal anlatım ve kanonik problem formatlarıyla öne çıkan, Cumhuriyet sonrası erken bir yayın.
2. 1984 Fen bilimleri ders kitabı fen öğretimi hâlâ “doğa olaylarını gözlemle, ölç, doğrula” paradigmasına dayanmakla birlikte, artık öğrenciden formül ve ilişki kurma düzeyinde bir düşünme biçimi beklenmektedir. Bu yıllarda hazırlanan kitaplar, fen ve matematik arasındaki ilişkinin güçlendirilmesi gerektiğini vurgulayan ilk resmi belgelerden etkilenmiştir (MEB, 1983).
3. 2024 Fen bilimleri ders kitabı güncel müfredat standartlarını, sorgulamaya dayalı yaklaşımları ve STEM ilkelerinin entegrasyonunu yansıtan, ulusal düzeyde onaylanmış en yeni ortaokul fen bilimleri ders kitabı.

3.4. Verilerin Analizi

Kodlama tamamlandıktan sonra, her üç ders kitabı için de her alt kategori için frekans sayıları ve göreceli yüzdeler oluşturuldu. 1954,1984 ve 2024 yılları arasında matematiksel temel unsurlarının orantılı dağılımını karşılaştırmak için çapraz tablolar oluşturuldu.

Yorumu desteklemek için görselleştirmeler oluşturuldu. Karşılaştırmalı dağılım için yan yana çubuk grafikler. Nicel örüntülerin nitel yorumlanmasını kolaylaştıran, temsili alıntılar atandıkları alt kategoriye bağlayan örnek çizelgele

Bu çalışmada, belirlenen tarihsel dönemlere (1950'ler, 1980'ler ve 2020'ler) ait ortaokul Fen Bilgisi ders kitaplarındaki matematiksel temellerin kapsamını, dağılımını ve niteliğini karşılaştırmalı olarak incelemek amacıyla Sistemik İçerik Analizi yöntemi benimsenmiştir. Nitel verilerin yönetimi, kodlanması ve tematik analizi için MAXQDA 2024 (veri yazılımı adı ve versiyonu) Nitel Veri Analizi Yazılımı (NVAY) kullanılmıştır.

3.4.1. Maxqda kullanımı ve veri entegrasyonu

Ders kitaplarının dijitalleştirilmiş metinleri, (PDF veya Word formatında) Doküman Sistemi (Document System) bölümüne ilgili dönemi (1950, 1980, 2020) temsil eden doküman grupları olarak tanımlanmıştır. Bu sistematik ayırım, analiz sürecinde dönemler arası doğrudan karşılaştırma yapılmasına olanak sağlamıştır.

3.4.2. Kodlama şeması ve uygulama süreci

Analiz süreci, hem tümdengelimsel (dedüktif) hem de tümevarımsal (endüktif) yaklaşımların birleşimiyle ilerlemiştir:

Tümdengelimsel Kodlama ile fen eğitiminde matematiksel düşünme üzerine yapılan literatür taraması doğrultusunda, Sayısal ve Oransal Akıl Yürütme, Cebirsel Modelleme ve Değişim Hızı ve Kalkülüs gibi önceden belirlenmiş teorik temaları içeren bir Kodlama Şeması oluşturulmuştur. Bu kodlar, MAXQDA'nın Kod Sistemi (Code System) içerisine hiyerarşik bir yapıda yerleştirilmiştir.

Metin segmentlerinin kodlanması ile seçilen ders kitaplarının tüm metinleri, oluşturulan kodlama şemasına göre satır satır taranmıştır. Matematiksel bir kavrama, ilkeye veya işleme atıf yapan her bir metin segmenti (cümle veya paragraf), ilgili kod etiketine atanmıştır. Bu aşamada, "Memo" işlevi, kodlama kararlarının gerekçelendirilmesi ve yansıtıcı notların alınması için aktif olarak kullanılmıştır.

Güvenilirlik çalışması ile kodlama sürecinin nesnelliğini artırmak amacıyla, belirlenen metinlerin bir kısmı bağımsız bir ikinci kodlayıcıya kodlatılmış ve Cohen Kappa katsayısı gibi yöntemlerle Kodlayıcılar Arası Güvenilirlik (Inter-Coder Reliability) analizi yapılmıştır. Elde edilen yüksek uyum düzeyi, kodlama şemasının geçerliliğini desteklemiştir.

3.4.3. Karşılaştırmalı analiz fonksiyonları

Kodlama tamamlandıktan sonra, ders kitapları arasındaki matematiksel taban farklılıklarını ortaya çıkarmak için MAXQDA'nın gelişmiş analiz araçları kullanılmıştır:

Kod Matrisi Tarayıcısı (Code Matrix Browser), bu fonksiyon, her bir dönemin (Doküman Grubu) ve her bir ünitenin, matematiksel temaları temsil eden kodları (Örn. Cebirsel Modelleme) ne sıklıkta içerdiğini görselleştiren bir matris sunmuştur. Bu sayede, dönemsel ağırlık farklılıkları kolaylıkla tespit edilmiştir.

Alıntı Fonksiyonu, MAXQDA, kodlanan tüm metin segmentlerini (Alıntılar) yazar, dönem, sayfa numarası ve kod etiketi bilgileriyle birlikte tablo formatında (CSV) dışa aktarma olanağı sunmuştur. Bu dışa aktarılan veriler, bulgular bölümünde destekleyici nitel kanıtların sunulması ve nicel frekans analizlerinin yapılması için kullanılmıştır. Bu süreç, çalışmanın denetlenebilirliğini ve şeffaflığını sağlamıştır.

Bu metodolojik yaklaşım, Fen Bilgisi ders kitaplarındaki matematiksel içeriğin gelişiminin derinlemesine ve bilimsel ölçütlere uygun bir şekilde analiz edilmesine olanak tanımıştır.

Bu bölümde, 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait 7. Sınıf fen ders kitaplarının içerikleri nitel karşılaştırmalı içerik analizi yöntemiyle çözümlenmiş; fen öğretiminde matematiksel temellerin zamansal değişimi ortaya konmuştur.

Önceki bölümde açıklanan metodolojik yapı doğrultusunda, analiz süreci altı alt kategori çerçevesinde yürütülmüştür:

1. Sayısal ve oransal akıl yürütme
2. Ölçme ve birim/boyut analizi
3. Cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme
4. Geometrik ve uzamsal akıl yürütme
5. Veri analizi, istatistik ve olasılık
6. Değişim hızı ve kalkülüs temelleri

Bu karşılaştırmalar, fen öğretiminde kuvvet–madde–enerji bağlamında temel kavramları kapsamaktadır. Her eşleştirme, öğrencilerin matematiksel akıl yürütme becerilerinin fen içeriğiyle bütünleşme düzeyini değerlendirmek üzere seçilmiştir (Kilpatrick, Swafford ve Findell, 2001; Bruner, 1966; NCTM, 2020). Bu analizlerle, 1954’te fen bilgisinin ölçme ve gözlem temelli, 1984’te Fen öğretimi hâlâ “doğa olaylarını gözlemle, ölç, doğrula” paradigmasına dayanmakla birlikte, artık öğrenciden formül ve ilişki kurma düzeyinde bir düşünme biçimi beklenmektedir. 2024’te ise ilişkisel ve modelleme temelli olarak yapılandırıldığı gösterilmiştir.

Veriler MAXQDA 24 yazılımına aktarılmış, her kitap ünitesi segment düzeyinde kodlanmış ve kodlar arası güvenilirlik Cohen’s $\kappa = .87$, iç tutarlılık Cronbach’s $\alpha = .83$ olarak hesaplanmıştır (Cohen, 1960 ; Cronbach, 1951).

Her bölümde önce nicel bulgular (Çizelgeler) verilmiş, ardından nitel çözümlemeler ve epistemolojik yorumlar detaylandırılmıştır. Son olarak, tüm bulgular fen öğretiminde matematiksel düşünmenin tarihsel evrimi başlığı altında sentezlenmiştir. Bu analizlerin bütününde amaç, yalnızca içerik farklarını göstermek değil, aynı zamanda fen eğitimi müfredatındaki bilgi üretme biçimlerinin dönüşümünü ortaya koymaktır.

Böylece 1954'ten 1984'e ve son olarak 2024'e uzanan yetmiş yıllık süreçte fen eğitiminde “gözleme dayalı doğrulama” dan “ilişkisel modelleme” ye doğru gerçekleşen paradigmatik kayma sistematik biçimde incelenmiştir (Aydın, 2019).

3.4.4. Kodlama sistemi ve analiz Süreci

Yaptığımız bu çalışmada 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait fen ders kitapları nitel karşılaştırmalı içerik analizi yöntemiyle incelenmiş; her üç dönemdeki fen öğretiminde matematiksel temellerin temsili altı ana kategori üzerinden kodlanmıştır. Kodlama işlemleri, MAXQDA 24 yazılımı kullanılarak yürütülmüş ve veri analizi süreci sistematik bir biçimde tasarlanmıştır (Kuckartz, 2014).

3.4.5. Kodlama çerçevesi

Kodlama çerçevesi, matematiksel düşünmenin alt boyutlarını temel alan altı ana kategoriye dayanmaktadır (Kilpatrick, Swafford ve Findell, 2001; NCTM, 2020):

1. Sayısal ve Oransal Akıl Yürütme – oran, orantı, ölçü birimleri arası dönüşüm, doğrusal ilişkiler.
2. Ölçme ve Birim/Boyut Analizi – fiziksel büyüklüklerin ölçümü, birim farkındalığı, duyarlılık.
3. Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme – değişkenler arası ilişkiler, formül kullanımı, fonksiyonel temsil.
4. Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme – şekil, yön, konum, hacim ve alan kavramlarının temsili.
5. Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık – tablo, grafik ve sayısal yorumlama süreçleri.
6. Değişim Hızı ve Kalkülüs Temelleri – oran, eğim, süreklilik ve değişim kavramlarının sezdirilmesi.

Her kategori, 1954,1984 ve 2024 kitaplarındaki metin, etkinlik, görsel, tablo, grafik veya yönerge bölümlerine uygulanmış; bir segment birden fazla kategoriyle kodlanabilmiştir. Kodlama birimi, anlam bütünlüğü taşıyan cümle veya etkinlik alt başlığı olarak belirlenmiştir. Bu birimler, her kitap için yaklaşık 100 segment olarak normalize edilmiştir.

3.4.6. Kodlama aracı ve uygulama

Kodlama sürecinde araştırmacı tarafından geliştirilen Kod Kitabı (Appendix A) kullanılmıştır. Kod kitabı, her kategorinin tanımı, dahil edilme/dışlanma kriterleri ve örnek alıntılarla birlikte hazırlanmıştır. Kodlama işlemi üç aşamada gerçekleştirilmiştir:

Pilot Kodlama, 1954 kitabından seçilen 10 sayfalık bir örnek (Kuvvet ve Enerji ünitesi) üzerinde iki kodlayıcı tarafından ortak kodlama yapılmıştır.

Kodlamanın düzenlenmesi, Kodlayıcılar arası yorum farkları tartışılarak kod tanımları yeniden netleştirilmiştir. Ana Kodlama, kod kitabının son hâliyle tüm metinler bağımsız biçimde kodlanmıştır. Veriler MAXQDA 24 ortamında analiz edilmiş; Code Matrix Browser aracı kullanılarak her kategoriye ait frekans ve yoğunluk oranları elde edilmiştir. Ayrıca Summary Grid özelliğiyle kategori bazlı nitel alıntılar derlenmiştir.

3.4.7. Veri analizi adımları

Kodlama tamamlandıktan sonra, her kitap ve kategori için frekans dağılımları çıkarılmış; veriler yüzdeye dönüştürülmüştür. Analiz, hem nicel (frekans ve yüzde tablosu) hem nitel (örnek alıntı ve bağlam yorumu) düzeyde yürütülmüştür.

Analiz süreci şu adımlarla ilerlemiştir:

1. Kodlanmış verilerden kategori frekansları hesaplanmıştır.
2. 1954,1984 ve 2024 verileri ayrı tablolar hâlinde düzenlenmiştir.
3. Her kategori için 1954-1984, 1984-2024 1954–2024 farkı ($\Delta = Y_{2024} - Y_{1954}$) belirlenmiştir.

4. Bulgular, görsel temsiller (çubuk grafik) ile sunulmuştur.

5. Her bir analiz çifti için nitel yorumlar yapılmış ve tarihsel-epistemolojik değişim tartışılmıştır.

Elde edilen bulgular, fen eğitiminde matematiksel düşünmenin üç temel boyutta (kuvvet, madde, enerji) nasıl dönüştüğünü ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, yalnızca ders kitabı düzeyinde değil, Türkiye'deki fen müfredatının epistemik yapısındaki evrimi de yansıtmaktadır.

Bu bölümün geri kalan kısmı üç alt analizden oluşmaktadır: Kuvvet ve Enerji Üniteleri Analizi, Su ve Madde Üniteleri Analizi, Isı ve Işık Üniteleri Analizi Her alt bölümde öncelikle kategori bazlı frekans tablosu ve görseller sunulmuş; ardından nitel gözlemler, teorik yorumlar ve genel sonuçlar verilmiştir. Son kısımda ise tüm bulgular bütüncül biçimde değerlendirilmiş, 1954,1984 ve 2024 döneminde fen öğretiminde matematiksel temellerin epistemolojik dönüşümü tartışılmıştır.

3.4.8. Güvenilirlik ve geçerlilik

Bu araştırmada geçerlik ve güvenilirlik, nitel içerik analizinde yaygın olarak kullanılan yöntemlere dayalı biçimde sağlanmıştır. Çalışmanın geçerliği, veri kaynaklarının niteliği, kodlama şemasının akademik temellere dayandırılması ve analiz sürecinin sistematik biçimde yürütülmesiyle güvence altına alınmıştır. Çalışmada kullanılan üç veri seti 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait ortaokul fen bilimleri ders kitapları ulusal düzeyde onaylanmış ve ilgili dönemlerin öğretim programlarını temsil eden birincil kaynak niteliğindedir. Bu yönüyle içerik analizi, tarihsel dönemlerin müfredat felsefesini ve matematiksel temellerini doğrudan inceleme olanağı sunmuştur.

Kodlama sürecinde kullanılan alt kategoriler, A Framework for K–12 Science Education dokümanında sunulan sınıflamadan uyarlanmış altı matematiksel temel bileşene dayandırılmıştır (NRC, 2012). Kodlama şemasının hem alan yazın hem de mevcut ders kitaplarının içerik özellikleri doğrultusunda tümdengelimsel ve tümevarımsal yaklaşımlarla oluşturulmuş olması, çalışmanın iç geçerliğini güçlendirmiştir (Ainsworth, 2006; Hiebert ve

Carpenter, 1992). Kodlama sürecinin açıklık ve izlenebilirlik ilkelerine uygun biçimde yürütülmesi, yöntemsel şeffaflığı artırmıştır.

Ayrıca dönemler arasındaki karşılaştırmaların yapılabilmesi için tüm veri setleri aynı analitik adımlar doğrultusunda işlenmiş; frekans tabloları, yüzde dağılımları ve görsel temsiller (çubuk grafikler, değişim diyagramları) oluşturularak bulguların bütüncül biçimde yorumlanması sağlanmıştır. Bu uygulama, çalışmanın yorumlayıcı geçerliğini desteklemiştir. Veri çeşitliliği sağlamak amacıyla örnek metin alıntıları da her bir alt kategoriye bağlanarak analizde kullanılmıştır.

3.4.9. Güvenirlik

Araştırmanın güvenilirliğini sağlamak amacıyla kodlayıcılar arası uyum ve kodlama tutarlılığı istatistiksel yöntemlerle test edilmiştir. Kodlama sürecinde iki bağımsız araştırmacı tarafından gerçekleştirilen analizler, daha sonra karşılaştırılarak kodlama uyumu hesaplanmıştır. Bu kapsamda iki temel ölçüt kullanılmıştır:

Cohen's Kappa (κ) katsayısı, kodlayıcılar arası uyumu değerlendirmek için kullanılan ve kategorik veri analizinde yaygın biçimde önerilen bir istatistiktir (Cohen, 1960). Çalışmada elde edilen κ değerlerinin kabul edilebilir sınırların üzerinde olması, kodlayıcıların aynı metin parçalarını benzer biçimde sınıflandırdığını göstermektedir. Bu sonuç, kodlama sürecinin güvenilir bir biçimde yürütüldüğünü ortaya koymaktadır (Miles ve Huberman, 1994).

Cronbach's Alpha (α) katsayısı, kodlanan kategorilerin kendi iç tutarlılığını test etmek için Cronbach's α katsayısı hesaplanmıştır. Literatürde 0.70 ve üzerindeki değerler yüksek iç tutarlılık göstergesi olarak kabul edilmektedir (Cronbach, 1951). Çalışmada α katsayısının yeterli düzeyde çıkması, kullanılan kodlama şemasının tutarlı ve kararlı bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir.

Kodlama sürecinin güvenilirliğini artırıcı ek uygulamalar, kodlamada belirsizlik oluşturan örnekler, iki araştırmacı tarafından tartışılarak ortak karara bağlanmıştır. Kodlama rehberi (codebook), analiz süreci boyunca yenilenerek netleştirilmiş ve kategorilerin işaret ettiği

kavramsal sınırlar açık biçimde tanımlanmıştır. MAXQDA yazılımının sağladığı “intercoder agreement” modülü kullanılmış, böylece kodlayıcı hataları objektif biçimde değerlendirilmiştir (MAXQDA, 2024).

Tüm bu yöntemler, araştırmanın hem güvenilirliğini hem de bilimsel geçerliliğini artırmış; ulaşılan bulguların tutarlılığını desteklemiştir. Bu süreç aynı zamanda tarihsel dönemler arasında yapılan karşılaştırmaların metodolojik açıdan sağlam temellere dayandırılmasını mümkün kılmıştır. Çalışma, Lincoln ve Guba'nın (1985) güvenilirlik kriterlerine bağlı kalmıştır: Güvenilirlik, kodlayıcı üçgenlemesi ve matematik eğitimcilerinden oluşan bir panelle üye kontrolü yoluyla sağlanmıştır. Güvenilirlik, gelişen kod kitabı, analitik notlar ve kodlama kararları dahil olmak üzere ayrıntılı bir denetim izi tutularak desteklenmiştir. Aktarılabilirlik, ders kitabı bağlamlarının ve kodlama gerekçelerinin ayrıntılı açıklamaları sağlanarak ele alınmış ve diğer müfredat ortamlarına uygulanabilirliği sağlanmıştır. Doğrulanabilirlik, araştırmacının alan uzmanlığına sahip bir matematik eğitimcisi olarak konumunun yansıtıcı belgelenmesi yoluyla sağlanmıştır.

Kodlama güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla iki temel istatistiksel yöntem kullanılmıştır: Cohen's κ (kappa) katsayısı kodlayıcılar arası uyumu, Cronbach's α (alfa) katsayısı ise kategori içi tutarlılığı ölçmek için hesaplanmıştır.

Cohen's κ (Kappa) Katsayısı ile ilgili olarak, Cohen's κ , iki bağımsız kodlayıcının aynı segmentleri aynı kategoride sınıflandırma düzeyini değerlendirir (Cohen, 1960). Kodlama sisteminin güvenilirliği için örneklemden rastgele seçilen %15'lik bölüm iki kodlayıcı tarafından bağımsız biçimde analiz edilmiştir. MAXQDA 24 yazılımı aracılığıyla hesaplanan κ değeri 0.87'dir.

Cronbach's α (Alfa) Katsayısı ile ilgili olarak ise her kategori altındaki alt kodların içsel tutarlılığı SPSS 29 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır (Cronbach, 1951). Altı kategori için elde edilen α katsayıları 0.78 ile 0.89 arasında değişmektedir. Bu değerler, kod sisteminin homojenliğini ve içsel güvenilirliğini göstermektedir. Genel Cronbach's α değeri 0.83 olarak bulunmuş, bu da kodlama yapısının yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir (Tavakol ve Dennick, 2011).

3.4.10. Geçerlik

Bu araştırmada geçerlik, nitel karşılaştırmalı içerik analizi yaklaşımında önerilen güvence mekanizmaları doğrultusunda sağlanmıştır. Araştırmanın kapsam geçerliği, veri kaynaklarının niteliği ve temsil gücüyle güvence altına alınmıştır. Çalışmada incelenen 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait fen bilimleri ders kitapları, yayımlandıkları dönemlerin öğretim programlarını doğrudan yansıttıkları için birincil kaynak niteliği taşımakta ve nitel içerik analizinin gerektirdiği bağlamsal temsiliyeti güçlü biçimde karşılamaktadır. Bu yönüyle veri setlerinin kapsamı, tarihsel karşılaştırmaların doğruluğunu artırarak araştırmanın iç geçerliğini desteklemiştir.

Araştırmada kullanılan altı matematiksel temel kategori, fen eğitiminde matematiksel düşünme üzerine yapılan kuramsal çalışmalara dayandırılmış; kategori yapısı NRC'nin A Framework for K–12 Science Education (NRC, 2012) dokümanında tanımlanan bilimsel uygulamalar ve nicel ilişkisellik ilkeleriyle uyumlu biçimde tasarlanmıştır. Bu çerçeve, matematiksel temellerin sayısal akıl yürütme, ölçme-birim analizi, cebirsel modelleme, uzamsal akıl yürütme, veri analizi ve değişim hızı gibi alt bileşenlere ayrılmasını mümkün kılmıştır (NCTM, 2020). Kodlama sürecinin hem teorik hem ampirik verilere dayanarak oluşturulması, çalışmanın yapı geçerliğini güçlendirmiştir.

Ayrıca araştırmada süreç geçerliği, tüm veri setlerine aynı analitik adımların uygulanmasıyla sağlanmıştır. Kodlanmış segmentlerden frekans tabloları oluşturulmuş, dönemsel karşılaştırmalar yapılmış ve grafiksel temsiller aracılığıyla bulgular doğrulanabilir hâle getirilmiştir. Yinelenebilir bir analiz akışının oluşturulması, nitel araştırmalarda önerilen güvence ölçütleriyle (Lincoln ve Guba, 1985) uyumludur.

Veri çeşitliliğini artırmak amacıyla, MAXQDA yazılımının quotation (alıntı) aracı kullanılarak her kategoriye karşılık gelen özgün metin parçaları çıkarılmış; böylece yorumlayıcı geçerlik, bulguların hem nicel hem nitel kanıtlarla desteklenmesi yoluyla güçlendirilmiştir (Kuckartz, 2014). Alıntıların analizlerde doğrudan kullanılması, kategoriler ile veri arasındaki ilişkinin saydam biçimde görülmesini sağlamış ve bağlamsal doğruluk düzeyini yükseltmiştir.

Tüm bu unsurlar birlikte değerlendirildiğinde, kullanılan veri kaynaklarının temsiliyeti, kuramsal temelli kodlama yapısı, sistematik analiz adımları ve bulguların çoklu kanıt türleriyle desteklenmesi; araştırmanın içerik, yapı, süreç ve yorumlayıcı geçerlik düzeylerinde güçlü bir metodolojik temele sahip olduğunu göstermektedir.



4.BULGULAR

Bu bölümde, 1954 tarihli Fen Bilgisi Orta 2 kitabı, 1984 tarihli Fen Bilgisi Orta 2 kitabı ile 2024 yılı Fen Bilimleri 7. Sınıf (Ferman Yayınları) kitabında yer alan içeriklerin matematiksel temeller açısından genel dağılımları sunulmaktadır. Her üç kitapta da toplam kod sayısı 100 segment üzerinden normalize edilmiştir. Bu sayede, yıllar arasında doğrudan karşılaştırma yapılabilecek bir yüzde ölçeği oluşturulmuştur. Analiz, MAXQDA 24 yazılımında gerçekleştirilen kodlama sonuçlarının frekans dağılımlarına dayanmaktadır.

4.1. 1954, 1984 ve 2024 Fen Bilgisi Ders Kitaplarından Elde edilen Nicel Bulgular

Çizelge 4.1’de matematiksel tabana ait sayısal/ oransal akıl yürütme, ölçme ve birim/boyut analizi, cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme, geometrik ve uzamsal akıl yürütme, veri analizi, istatistik ve olasılık ile değişim hızı ve kalkülüs alt basamaklara ait bulgular ve yıllara göre değişimlerini gösteren karşılaştırmalı dağılımları verilmiştir.

1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait fen bilimleri ders kitaplarının karşılaştırmalı analizi, Türkiye’de fen eğitiminde matematiksel temsillerin gözleme ve deneysel doğrulamaya dayalı pozitivist yaklaşımdan soyutlama, modelleme ve veri temelli akıl yürütmeye dayalı ilişkisel bir yapıya doğru evrildiğini açık biçimde ortaya koymaktadır. Bu dönüşüm, yalnızca öğretim materyallerinin biçimsel yapısında değil, bilginin nasıl üretildiğine ve öğrenciye nasıl sunulduğuna ilişkin epistemolojik yönelimlerde de önemli bir değişimi işaret etmektedir (Duschl, 2009; Osborne, 2014).

Çizelge 4.1. 1954, 1984 ve 2024 Fen bilgisi orta 2 kitaplarında matematiksel tabana ait sayısal/ oransal akıl yürütme, ölçme ve birim/boyut analizi, cebirsel modelleme

Kategori	1954 (%)	1984 (%)	2024 (%)	Δ (1954– 1984)	Δ (1984– 2024)	Δ (1954– 2024)
Sayısal/Oransal Akıl Yürütme	28	24	20	-4	-4	-8
Ölçme ve Birim/Boyut Analizi	32	28	16	-4	-8	-16
Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme	10	14	22	+4	+8	+12
Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme	28	22	14	-6	-8	-14
Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık	2	6	8	+4	+2	+6
Değişim Hızı ve Kalkülüs	0	6	20	+6	+14	+20

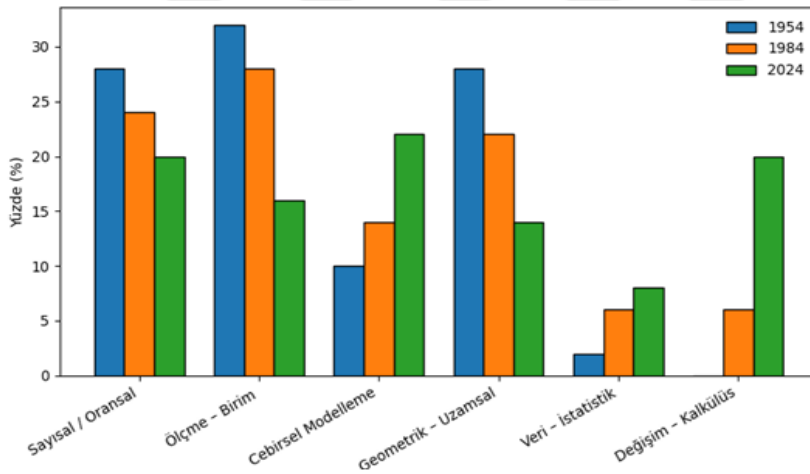
Çizelge incelendiğinde, toplam kod sayısı her ünite için 100 olarak normalize edilmiştir. Δ (Delta), yıllar arasındaki değişimi veya farkı göstermektedir. Bu bölümde 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait fen öğretim materyallerinin üç temel ünitesi, Kuvvet ve Enerji, Madde ve Su ve Isı ve Işık, matematiksel temeller açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Kuvvet ve enerji üniteleri analizi, su ve madde üniteleri analizi, ısı ve ışık üniteleri analizi yapılmıştır.

Her alt bölümde öncelikle kategori, ünite, kod kategorisi, kod etiketi (matematiksel tabanın alt boyutları), segment (doğrudan alıntı) verilip; ardından nitel gözlemler, teorik yorumlar ve genel sonuçlar verilmiştir. Bu kısımda ise tüm bulgular ünite bazlı bütüncül biçimde

değerlendirilmiş, 1954,1984 ve 2024 döneminde fen öğretiminde matematiksel temellerin epistemolojik dönüşümü ortaya konmuştur.

Analiz, her dönemin kendi tarihsel bağlamı içinde fen öğretiminde matematiksel akıl yürütmeyi nasıl kurduğunu ve dönüştürdüğünü ortaya koymayı amaçlamaktadır. Kodlama sistemi, altı kategoriden oluşmaktadır:

1. Sayısal/Oransal Akıl Yürütme
2. Ölçme ve Birim/Boyut Analizi
3. Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme
4. Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme
5. Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık
6. Değişim Hızı ve Kalkülüs Temelleri.



Şekil 4. 1. Yıllara göre ders kitaplarından elde edilen Çizelge 4.1'deki verilerin grafiksel olarak gösterimi

1954, 1984 ve 2024 yıllarında matematiksel taban kategorilerinin kullanım yüzdeleri. Grafik, geleneksel ölçme ve sayısal yöntemlerden, modern fen eğitiminin esasları olan olan cebirsel ve veri-İstatistik ve kalkülüs süreçlerine doğru gerçekleşen tarihsel dönüşümü ortaya koymaktadır.

4.1.1. Birinci alt probleme yönelik bulgular sayısal/oransal akıl yürütme

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan sayısal ve oransal akıl yürütme noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulgular aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki sayısal ve oransal akıl yürütmenin yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri

Kategori	1954 (%)	1984 (%)	2024 (%)	Δ (1954– 1984)	Δ (1984– 2024)	Δ (1954– 2024)
Sayısal/Oransal						
Akıl Yürütme	28	24	20	-4	-4	-8

Sayısal/oransal akıl yürütme: -8 (Basit hesaplamaların ilişkisel modellere entegre olması). 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait fen bilgisi ders kitaplarında yer alan sayısal ve oransal akıl yürütme örneklerinin analizi, bu temaların her üç dönemde de görünür biçimde varlığını koruduğunu, ancak temsil biçiminin zaman içerisinde önemli ölçüde farklılaştığını ortaya koymaktadır. Bu farklılaşmanın özellikle oransal ilişkilerin sunum biçiminde giderek artan soyutlama, kavramsallaştırma ve üst düzey bilişsel süreçlere yöneldiği dikkati çekmektedir. Bu bulgular, literatürde fen okuryazarlığının tarihsel gelişimine ilişkin yapılan değerlendirmelerle de uyum göstermektedir (Karplus ve Thier, 1967 ; Lesh ve Doerr, 2003; Nunes ve Bryant, 1996).

Araştırmanın "Sayısal ve Oransal Akıl Yürütme" kategorisinden elde edilen veriler, 1954 yılından günümüze kadar uzanan süreçte istikrarlı ve negatif yönlü bir değişim eğilimi göstermektedir. 1954 yılında %28 olarak kaydedilen yüzde değer, 1984 yılında %24'e, 2024 yılında ise %20 seviyesine gerilemiştir. 1954 yılına ait fen kitabı, Cumhuriyet'in erken döneminde bilim eğitiminin temel referansı olan ölçme, doğrulama ve deneysel gözlem odaklı bir anlayışı yansıtmaktadır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.3. 1984 Yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan sayısal ve oransal akıl yürütmeye ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular

Kod Kategorisi	Frekans (f)	Yüzde (%)	Açıklama
Sayısal/Oransal Akıl Yürütme	48	24	Oran, orantı, basit hesaplamalar, doğrudan ilişkiler

Çizelge incelendiğinde 1984 yılı ders kitabına ait yüzdelik değer %24 olarak görülmektedir. MAXQDA sonuçları, 1984 kitabının fen eğitiminde sürekliliği koruyan ama yeni bir soyutlama biçimini tanıtan bir köprü niteliğinde olduğunu göstermektedir. Aşağıda, kategoriler arası göreceli değişimler özetlenmiştir. Çizelge 4.3'te elde edilen değişim sayısal olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.4. 1954 ve 1984 Yılı sayısal/oransal akıl yürütme noktasından MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı

Kategori	1954 → 1984 Değişimi (Δ_1)	Bulgu
Sayısal/Oransal Yürütme	Akıl -4	Oransal ifadeler korunmuş, ancak cebirsel gösterimlerle desteklenmiş.

Çizelge 4.4'ün incelendiğinde değişim değeri -4 olup, negatif yönde ilerleme sağlanmıştır. 1954 tarihli fen bilgisi orta 2 kitabı ile 2024 yılı fen bilimleri 7. Sınıf (Ferman Yayınları) kitabında yer alan içeriklerin matematiksel temeller açısından genel dağılımları sunulmaktadır. Her iki kitapta da toplam kod sayısı 100 segment üzerinden normalize edilmiştir. Bu sayede, yıllar arasında doğrudan karşılaştırma yapılabilecek bir yüzde ölçeği oluşturulmuştur. Analiz, MAXQDA 24 yazılımında gerçekleştirilen kodlama sonuçlarının frekans dağılımlarına dayanmaktadır.

Çizelge 4.1'de altı ana kategorinin 1954 ve 2024 yıllarındaki yüzdelik temsil oranları ve fark değerleri gösterilmiştir.

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan sayısal ve oransal akıl yürütme noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulguların 1954 ve 2024 yıllarının karşılaştırılması.

Çizelge 4.5. Yıllar arasındaki sayısal oransal akıl yürütme noktasından karşılaştırma

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Sayısal /Oransal Akıl Yürütme	28	20	-8

Çizelge incelendiğinde toplam kod sayısı her ünite için 100 olarak normalize edilmiştir. Δ (Delta) Yıllar arasındaki değişim veya farkı göstermektedir. Çizelge 4.5'teki 1954 yılı kitabında sayısal karşılaştırmalar, kütle, hacim ve basınç ilişkileriyle doğrudan verilmiştir. 2024 yılı ders kitabında bu tür ilişkiler soyut grafikler ve enerji modelleri içinde eritilmiştir. Bu nedenle oransal düşünmenin görünür payı azalmıştır, ancak bilişsel düzeyi artmıştır.

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan sayısal ve oransal akıl yürütme noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz ünite bazlı bulguların karşılaştırılması Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Ünite bazlı yıllara göre sayısal ve oransal akıl yürütme noktasından karşılaştırılması

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Sayısal /Oransal Akıl Yürütme	24	20	-4

Çizelge incelendiğinde, sayısal akıl yürütmedeki bu sınırlı geri çekilme (% -4), modern eğitim yaklaşımlarının bir yansıması olarak görülmektedir. 1954 kitabında oransal düşünme, özellikle yoğunluk kavramı üzerinden tanımlanmıştır. “Aynı hacimdeki demir suya batar, tahta batmaz; çünkü demir daha ağırdır.” ifadesi (s. 58) öğrenciden eşit hacim-ağırlık karşılaştırması yapmasını ister. Devamında “Bir cismin ağırlığını hacmine bölersek yoğunluğu bulunur.” açıklaması, oran kavramının sezgisel biçimde tanıtımıdır. Ancak matematiksel formül ($d = m/V$) verilmez, oranlama sözel düzeyde kalır.

2024 ders kitabında aynı kavram $d = m/V$ formülüyle açıkça verilmiş; öğrenciden deneysel verileri tabloya aktarması istenmiştir (s. 108–109). “Bir karışımdaki yoğunluk değerini kütle ve hacimden yararlanarak hesaplayınız.” yönergesi, oransal düşünmenin hesaplama ve çıkarım düzeyine taşındığını gösterir. Bu nedenle kategori ağırlığı benzer olsa da 2024’te bilişsel derinlik artmıştır, Çizelge 4.6’da görülmektedir.

Çizelge 4.7. 1954 yılı tabiat kuvvetleri ve biz ünitesi sayısal ve oransal akıl yürütme kategorisinde elde edilen bulgular

Yıl	Ünite	Sayfa	Kod		Segment (Doğrudan Alıntı)
			Kategorisi	Kod Etiketi	
			(1–6)		
1954	Tabiat Kuvvetleri ve Biz	14	1	Sayısal ve Oransal Akıl Yürütme	“Bir cismin ağırlığı, kütlesiyle doğru orantılıdır.”

Çizelge incelendiğinde 1954 yılındaki tabiat kuvvetleri ve biz bölümünde kuvvet kavramı, öğrencinin günlük yaşantısında gözlemleyebileceği somut olaylar üzerinden tanımlanmıştır. Bu tema, hareket, iş, kuvvet ve enerji kavramlarının üç dönemdeki temsillerini karşılaştırmaktadır. 1954 kitabında enerji, fiziksel kuvvetin gözlemlenebilir etkileriyle (örneğin yayı germe deneyi) somut biçimde öğretilmiştir. 1984 ders kitabında “iş = kuvvet $\times$ yol” eşitliği açıkça verilerek ilk cebirsel temsiller görülür. 2024 ders kitabında bu ilişki, grafik ve enerji dönüşümü diyagramlarıyla birlikte sunulmuştur. Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi ölçme odaklılıktan modelleme odaklılığa geçiş bu ünite en belirgin örneğini bulmaktadır.

1954 yılındaki Tabiat Kuvvetleri ve Biz bölümünde kuvvet kavramı, öğrencinin günlük yaşantısında gözlemleyebileceği somut olaylar üzerinden tanımlanmıştır. “Bir cismin ağırlığı kütlesiyle doğru orantılıdır.” gibi ifadeler, öğrencinin doğrudan ölçüm ve karşılaştırma yapabileceği örneklerle desteklenmiştir. Bu dönemde baskın olan ölçme ve orantı temelli öğretim yaklaşımı, Newton’un mekanik yasalarının sezdirilmesini amaçlamaktan çok, öğrencinin doğrudan gözlem yoluyla doğa olaylarını nicel olarak kavramasını hedeflemiştir. Kuvvetin yönü, bileşenleri ve etkileri genellikle çizimlerle değil, sözel açıklamalarla verilmiştir

Çizelge 4.8. 1984 yılı ders kitabı madde, su ve basınç ünitesinin sayısal ve oransal akıl yürütme kategorisinde MaxQda ile elde edilen bulgular

Yıl	Ünite	Sayfa	Kod Kategorisi (1–6)	Kod Etiketi	Segment (Doğrudan Alıntı)
1984	Madde, Su ve Basınç	47	1	Sayısal ve Oransal Akıl Yürütme	“Basınç derinlik arttıkça artar.”

Çizelge 4.8’in incelendiğinde sayısal ve oransal akıl yürütme kategorisinde %24 değerine sahip olduğu görülmektedir. 1984 ders kitabında Madde, Su ve Basınç başlığı altında konu daha sistematik biçimde düzenlenmiştir. “Basınç derinlikle artar.” ve “Yoğunluk $d = m/V$ ile hesaplanır.” gibi ifadeler, matematiksel ilişkilendirmeyi açık biçimde içermektedir. Bu dönemde cebirsel modelleme (%14) ve sayısal akıl yürütme (%24) kategorileri öne çıkmıştır. 1984 kitabı, hâlâ deneysel gözleme önem vermekle birlikte, artık kavramların formülleştirilmesini öğretim hedefi hâline getirmiştir. Bu durum, fen eğitiminde ölçme ve gözlemden kavramsal genellemeye geçişin erken bir göstergesidir. Bu bağlamda, 1984 ders kitabı hem 1954’ün deneysel geleneğini sürdürmüş hem de 2024 ders kitabındaki soyutlama eğiliminin temelini atmış.

4.1.2. İkinci alt probleme yönelik bulgular ölçme ve birim/boyut analizi

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan ölçme ve birim/boyut analizi noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt

problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulgular aşağıdaki çizelgeler de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki ölçme ve birim/boyut analizinin yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri

Kategori	1954 (%)	1984 (%)	2024 (%)	Δ (1954– 1984)	Δ (1984– 2024)	Δ (1954– 2024)
Ölçme ve Birim/Boyut Analizi	32	28	16	-4	-8	-16

Çizelge incelendiğinde ölçme ve birim/boyut analizi: -16 (Gözlem ve doğrulama merkezli yaklaşımın zayıflaması). Çizelge 4.9’da sunulan kod kategorileri ve frekans dağılımı, fen öğretim materyallerinde yer alan matematiksel düşünme türlerinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır. Verilere göre en yüksek orana sahip iki kategori “Ölçme ve Birim/Boyut Analizi” (f=56; %28) ile “Sayısal/Oransal Akıl Yürütme” (f=48; %24)’dir. Bu durum, fen öğretiminde uzun yıllar boyunca baskın olan ölçme temelli epistemolojinin (Ayas, 1995) hâlâ etkisini sürdürdüğünü göstermektedir.

Analiz bulguları, özellikle Ölçme ve Birim/Boyut Analizi kategorisinin %32 gibi yüksek bir orana sahip olduğunu göstermektedir. Termometre, dinamo, terazi gibi araçların tanıtımı; sıcaklık, kütle, hacim gibi kavramların doğrudan deneysel uygulamalar üzerinden işlendiği bu dönem, matematiksel akıl yürütmenin büyük ölçüde işlemsel bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Bu yaklaşım, Bruner’in (1966) temsil düzeyleri bağlamında değerlendirildiğinde, eylem temsili düzeyine karşılık gelmektedir. Öğrenciler bilgiyi manipülatif etkinlikler yoluyla edinmekte; deneysel süreçler soyut matematiksel ilişkilerle desteklenmemektedir. Fen öğretiminin amacı, olguları gözlemlemek ve ölçmek suretiyle “doğru sonuca” ulaşmaktır; matematik bu süreçte yalnızca basit hesaplamaların aracı konumundadır. 1984 yılı fen kitabı, matematiksel semboller, değişkenler ve formüllerin fen öğretiminde ilk kez sistematik biçimde yer almaya başladığı bir dönemi temsil etmektedir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.10. 1984 yılı fen bilgisi ders kitabı ölçme ve birim/boyut analizine ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular

Kod Kategorisi	Frekans (f)	Yüzde (%)	Açıklama
Ölçme ve Birim/Boyut Analizi	56	28	Deney araçları, ölçme talimatları, birim dönüşümleri

Çizelge incelendiğinde ölçme ve birim/boyut analizi genel dağılımın %28'ini oluşturmaktadır. Bu veriler, 1984 baskısının deneysel epistemolojiden cebirsel epistemolojiye geçiş sürecini temsil ettiğini ortaya koymaktadır. Yani bilgi artık yalnızca “ölçülen bir büyüklük” olarak değil, ilişki kurulabilen bir değişken olarak kavramsallaştırılmaktadır. Bu yönüyle 1984 dönemi, 1954’ün gözlemci öğrencisini “hesaplayan öğrenciye”, 2024’ün ise “yorumlayan öğrenciye” dönüştüren bir ara basamaktır.

Çizelge 4.10’da yer alan veriler incelendiğinde, "Ölçme ve Birim/Boyut Analizi" kategorisinin toplam veri seti içerisinde önemli bir ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. 56 frekans değeri ile temsil edilen bu kategori, genel dağılımın %28'ini oluşturmaktadır. Bu durum, incelenen içeriklerde; deney araçlarının kullanımı, ölçme süreçlerine dair bilgiler ve birim dönüşümleri gibi temel bilimsel süreç becerilerinin bu dönemde de bir odak noktası haline geldiğini göstermektedir.

Çizelge 4.11. 1954 ve 1984 Yılı ölçme ve birim/boyut analizi noktasından MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı

Kategori	1954 → 1984 Değişimi (Δ_1)	Bulgu
Ölçme ve Birim/Boyut Analizi	-4	Deneysel ölçüm sürmüştü, ancak daha sistematik açıklamalar eklenmişti.

Çizelge 4.11’in incelendiğinde ölçme ve birim/boyut analizi değişim -4 olarak ilerlemektedir. 1984 dönemi, fen eğitiminde ölçme ile modelleme arasındaki bilişsel boşluğu kapatan bir ara dönemi temsil eder. Bu kitap, öğrencinin artık sadece gözlem yapmasını değil, sayısal ilişki kurmasını beklemektedir. Bu dönemdeki öğretim materyalleri, Piaget’nin (1952) “somut işlemler dönemindeki öğrenci” tanımına uygun biçimde, kavramları formül düzeyinde sezdirirken soyut işlem basamağına tam geçiş sağlamamıştır. Dolayısıyla bu kitaplar, somut-simgesel geçiş için önemli pedagojik köprülerdir.

Çizelge 4.12. Yıllar arasındaki ölçme ve birim/boyut analizi noktasından karşılaştırması

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Ölçme ve Birim/ Boyut Analizi	32	16	-16

1954 kitabı, “ölçme” temasını doğrudan deneylerle işler. Öğrencilere “dereceli silindirde su seviyesini okuyunuz” ve “taşın hacmini taşıma kabı ile ölçünüz” gibi uygulamalar verilmiştir (s. 59–61). Bu etkinlikler, fiziksel araçların kullanımını, gözlem doğruluğunu ve birim farkındalığını geliştirir. Birim dönüşümleri ($\text{cm}^3 \leftrightarrow \text{litre} \leftrightarrow \text{desimetreküp}$) açıkça açıklanmıştır. Ayrıca “Sıvılar basınç yapar” deneyinde su seviyesi ve basınç ilişkisi ölçme-değer temelli bir akıl yürütme örneğidir.

2024 kitabında ise ölçme kavramı daha çok standart birimler ve dijital göstergeler üzerinden sunulur. “Yoğunluğu belirlemek için kütle ölçer ve dereceli silindir kullanınız.” cümlesi, ölçme aracını tanıtır ancak ayrıntılı deney açıklaması içermez (s. 103). Birim dönüştürme uygulamaları sınırlandırılmış; ölçme kavramı “süreç” olmaktan çıkıp hazır değer okuma biçimine indirgenmiştir. Dolayısıyla 1954’te ölçme deneysel, 2024’te ise gözlemsel niteliktedir (Çizelge 4.12).

1954 tarihli Fen Bilgisi Orta 2 kitabının “Su ve Etkileri” adlı üçüncü ünitesi ile 2024 yılı Fen Bilimleri 7 (Ferman Yayınları) kitabının “Saf Madde ve Karışımlar” adlı dördüncü ünitesi karşılaştırmalı incelenerek, ölçme ve birim/boyut analizi noktasından aşağıdaki Çizelge de sayısal veriler sıra ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.13. 1954 yılı “Su ve Etkileri” ile 2024 “Saf Madde ve Karışımlar” ünitelerinin yıllara göre ölçme ve birim boyut analizi noktasından karşılaştırılması

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Ölçme ve Birim/Boyut Analizi	30	18	–12

Çizelge incelendiğinde fen eğitiminde ölçme ve gözlemden kavramsal genellemeye geçiş diğer çizelgeler ile de paralellik göstermektedir. Karşılaştırılan iki ünite de yıllara göre ölçme ve birim/boyut analizi noktasında belirgin bir azalmanın olduğu görülmektedir (Çizelge 4.13). Fen eğitiminde ölçme ve gözlemden kavramsal genellemeye geçiş diğer elde ettiğimiz bulgular ile uyum halindedir.

4.1.3. Üçüncü alt probleme yönelik bulgular cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulgular aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.14. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri

Kategori	1954 (%)	1984 (%)	2024 (%)	Δ (1954–1984)	Δ (1984–2024)	Δ (1954–2024)
Cebirsel Modelleme ve	10	14	22	+4	+8	+12

Fonksiyonel

Düşünme

Cebirsel Modelleme: +12 (Formüller ve değişkenler fen öğretiminin merkezine yerleşmiştir). Çizelge 4.14'e göre cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme kategorisinde gözlenen +4'lük artışlar ile, cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme kategorisi %22'ye ulaşarak (+8) tüm dönemlerin en yüksek düzeyine gelmiştir. 2024 yılı fen bilimleri ders kitabına ilişkin bulgular ise matematiksel temsiller açısından önceki dönemlerden köklü biçimde ayrışan bir tablo sunmaktadır. Kodlama verileri, çağdaş fen öğretiminin artık yalnızca ölçme, gözlem veya doğrulayıcı görsel temsillerin ötesine geçerek ilişkisel modelleme, veri temelli akıl yürütme ve soyut matematiksel temsil süreçlerine yoğunlaştığını göstermektedir. Bu çerçevede özellikle "Cebirsel Modelleme" (%22), "Değişim Hızı ve Kalkülüs Temelleri" (%20) ve "Veri Analizi" (%8) kategorilerinde gözlenen belirgin artışlar, modern fen öğretiminde matematiksel düşünmenin merkezinde fonksiyonel ilişkiler, grafiksel modeller ve nicel mantık yürütme süreçlerinin bulunduğunu kanıtlamaktadır (Kilpatrick, vd., 2001; NCTM, 2020).

1954, 1984 ve 2024'e uzanan gelişim çizgisi, fen öğretiminde cebirsel ve fonksiyonel düşünmenin giderek daha merkezi bir konuma yerleştirildiğini göstermektedir. 1954'te ilişkiler sezgisel ve sözel düzeyde sunulmuş; değişkenlerin matematiksel yapılar altında birleştirilmesine olanak tanıyan bir çerçeve bulunmamıştır. 1984 ders kitabı, sembolik dilin yerleşmesiyle fen öğretiminde formel düşünme becerilerinin gelişimine kapı aralamış; ancak grafiksel temsillerin eksikliği nedeniyle tam bir fonksiyonel modelleme ortamı oluşturmamıştır. 2024 ders kitabı ise çağdaş fen eğitimi literatüründe önerilen çoklu gösterim (Ainsworth, 2006), model-temelli öğrenme (Gilbert, 2010) ve fonksiyonel ilişki kurma (Lehrer ve Schauble, 2006) yaklaşımlarını bütünleştirerek cebirsel modellemeyi öğretimin temel bileşeni hâline getirmiştir. Bu dönüşüm, öğrencinin fiziksel olayları sembollerle ifade edebilme, değişkenler arasındaki bağıntıları tablo haline getirme ve grafikler üzerinden yorumlayabilme becerilerinin giderek güçlendirildiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.15. 1984 Yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünmeye ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular

Kod Kategorisi	Frekans (f)	Yüzde (%)	Açıklama
Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme	28	14	Formül kullanımı, $F=ma$, $d=m/V$, $Q=m \cdot c \cdot \Delta T$

Çizelgeye göre cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme kategorisinin ($f=28$; %14) orta düzeyde bir temsil göstermektedir. Çizelgedeki bulgulara göre temel fiziksel ilişkilerin (Formül kullanımı, $F=ma$, $d=m/V$, $Q=m \cdot c \cdot \Delta T$ gibi) vurgulanması, cebirsel modellerin kavramsal anlamada köprü görevi gördüğünü savunan Lesh ve Doerr (2003) modelleme döngüsüyle tam bir uyum sergilemektedir.

Cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme kategorisinin ($f=28$; %14) orta düzeyde bir temsil göstermesi, modern fen programlarının formül kullanımını yalnızca işlem becerisi olarak değil, aynı zamanda bir ilişki kurma aracı olarak konumlandığına işaret etmektedir (Çizelge 4.15). Bu bulgu, Karplus ve Thier'in (1967) ileri akıl yürütme becerilerinin öğrenci kazanımlarında giderek daha görünür hâle geldiğini belirten çalışmalarını destekler niteliktedir. Özellikle $F=ma$, $d=m/V$ ve $Q=m \cdot c \cdot \Delta T$ gibi temel ilişkilerin vurgulanması, cebirsel modellerin kavramsal anlamaya aracılık ettiğini savunan Lesh ve Doerr (2003) tarafından öne sürülen modelleme döngüsüyle uyumludur.

Çizelge 4.16. 1954 ve 1984 Yılı cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasından MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı

Kategori	1954 → 1984 Değişimi (Δ_1)	Bulgu
Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme	+4	İlk defa sistematik formül kullanımı görülüyor.

İlk defa sistematik formül 1984 yılı ders kitabında görülmektedir. Yıllar arasındaki bu fark cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünmeye bir ara geçiş süreci olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.16).

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulguların 1954 ve 2024 yıllarının karşılaştırılması Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Yıllar arasındaki cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasından karşılaştırma

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme	10	22	+12

Cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme: +12 oranında artarak formül ve fonksiyonel düşünme becerilerinin artık fen öğretiminin merkezine alındığını göstermektedir.

1954 ders kitabı ilişkiler sözel olarak açıklanırken (ör. “Isı miktarı cismin kütlesine bağlıdır”), 2024 ders kitabı bu ifadeler doğrudan fonksiyonel grafiklerle temsil edilmektedir. Bu artış, öğrencilerin formül ve fonksiyonel düşünme becerilerinin artık fen öğretiminin merkezine alındığını gösterir (Çizelge 4.17).

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz ünite bazlı bulguların karşılaştırılması Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Ünite bazlı yıllara göre cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasından karşılaştırılması

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme	6	20	+14

Çizelge incelendiğinde, cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme ünite bazlı olarak: +14 artış göstererek bu artış, matematiksel formülasyonun fen kitaplarına entegrasyonunu temsil eder. 1954 ders kitabı cebirsel modelleme hemen hiç yoktur; “bir cismin yoğunluğu, ağırlığının hacmine oranıdır” cümlesi $d = m/V$ formülünün öncülüdür, fakat sembolik düzleme aktarılmaz. Öğrencinin zihninde kavramın nicel bağıntısı değil, deneysel sezgisi hedeflenmiştir (Çizelge 4.18).

2024 kitabında ise formül açıkça verilmiş ve uygulamalı örneklerle pekiştirilmiştir: “Bir cismin kütlesi 120 g, hacmi 40 cm³’tür. Cismin yoğunluğu nedir?” (s. 109) Bu örnek, cebirsel modelleme becerilerinin fen öğretiminde kullanılmaya başladığını gösterir.

Ayrıca çözünürlük deneylerinde sıcaklık-çözünürlük ilişkisi tabloyla verilerek, öğrenciden bu ilişkiyi yorumlaması istenir (s. 113). Bu, fonksiyonel düşünmenin erken biçimidir. Sonuç olarak bu kategori 1954’te %6 iken 2024’te %20’ye yükselmiştir; bu artış, matematiksel formülasyonun fen kitaplarına entegrasyonunu temsil eder.

Çizelge 4.19. Yıllara göre ünite bazlı analizler ve ünitelerden elde edilen cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasından doğrudan alıntılar

Yıl	Ünite	Sayfa	Kod Kategorisi (1–6)	Kod Etiketi	Segment (Doğrudan Alıntı)
1984	Kuvvet, Enerji ve Hareket	12	3	Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme	“İş = Kuvvet × Yol eşitliği enerji dönüşümünü gösterir.”
1984	Isı, Işık ve Enerji Dönüşümü	72	3	Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme	“ $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ formülüyle ısı değişimini hesaplayınız.”

Çizelge incelendiğinde 1984 yılı aynı kitaba ait ünitelerin cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme noktasında analiz edilerek fen müfredatında cebirsel temsillerin ilk kez sistematik biçimde yer aldığı dönemi işaret eder. 1984 yılı kitabında, “İş = Kuvvet × Yol” eşitliğiyle birlikte ilk kez cebirsel modelleme açık biçimde yer almıştır. Bu ifade, öğrencinin kuvvet–iş–enerji ilişkisini formül düzeyinde anlamasına olanak tanımıştır. 1984 ders kitabı sayısal problem çözme etkinlikleri artmış, öğrenciden belirli verilerle iş veya enerji miktarını hesaplaması istenmiştir. Bununla birlikte, görsel materyal hâlâ sınırlı kalmış, enerji kavramı “yapılan işin bir türü” olarak aktarılmıştır. Bu dönem, 1954’ün deneysel yaklaşımı ile 2024’ün modelleme temelli yaklaşımı arasında bir ara geçiş fazı niteliğindedir (Çizelge 4.19).

1984 kitabında Isı, Işık ve Enerji Dönüşümü başlığıyla konu daha sistematik hâle getirilmiş, “ $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ formülüyle ısı değişimini hesaplayınız.” gibi doğrudan formüller eklenmiştir.

Bu, fen müfredatında cebirsel temsillerin ilk kez sistematik biçimde yer aldığı dönemi işaret eder. Ayrıca “Bir metalin sıcaklığını artırmak için gereken ısı, cismin kütlesiyle doğru orantılıdır.” ifadesi, oransal akıl yürütme kategorisinin varlığını göstermektedir.

1984 ders kitabı hâlâ deneysel çizimler (şekiller, diyagramlar) kullanılmakta, ancak artık deney sonuçlarının sayısal hesaplamaya dönüştürülmesi beklenmektedir.

2024 kitabındaki ışığın madde ile etkileşimi ünitesi, ısı ve enerji ilişkisini grafiksel ve fonksiyonel temsillerle öğretmektedir. Öğrencilerden “Grafiğin eğimi sıcaklık artış hızını gösterir.” biçiminde çıkarım yapmaları istenmekte, böylece değişim oranı kavramı sindirilmektedir. Bu yaklaşım, kalkülüs temellerinin erken yaşta kavratılması anlamına gelir (Kilpatrick, vd., 2001). Ayrıca 2024 kitabı, öğrencinin elde ettiği ölçüm sonuçlarını tabloya aktarmasını ve eğilimleri yorumlamasını istemektedir. Bu, fen eğitiminde veri temelli akıl yürütme anlayışının yerleştiğini gösterir. Dolayısıyla 1954’te “ölç ve gözlemle” olan görev, 1984’te “hesapla ve doğrula”, 2024’te ise “modelle ve yorumla” düzeyine evrilmiştir. Bu, sadece yöntemsel değil, epistemolojik bir değişimi de ifade eder (Bruner, 1966; NCTM, 2020).

4.1.4. Dördüncü alt probleme yönelik bulgular geometrik ve uzamsal akıl yürütme

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan geometrik ve uzamsal akıl yürütme düşünme noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulgular aşağıdaki çizelgeler de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki geometrik ve uzamsal akıl yürütme yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri

Kategori	1954 (%)	1984 (%)	2024 (%)	Δ (1954–1984)	Δ (1984–2024)	Δ (1954–2024)
Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme	28	22	14	-6	-8	-14

Geometrik ve uzamsal akıl yürütme: -14 (Şematik betimlemelerin yerini fonksiyonel temsilin alması). Çizelge 4.20’de geometrik ve uzamsal akıl yürütmedeki -14 puanlık düşüş,

şekil çözümlemelerinin daha sade, sözel yön betimlerinin daha az kullanıldığı bir anlatıma geçildiğini göstermektedir. Bu durum, 1970’ler sonrası fen eğitiminin görsel detaydan çok kavramsal ilişkilere odaklandığını vurgulayan Gilbert (2005) ve Duit (2007) ile tutarlıdır. Uzamsal açıklamaların azalması, temsillerin “şekil merkezli” değil, “ilişki merkezli” bir yapıya doğru evrildiğini göstermektedir.

Geometrik ve uzamsal düşünme üç dönemin tamamında görülse de temsil türü belirgin biçimde dönüşmüştür. 1954’te somut geometrik şekiller ve fiziksel hacim hesaplamaları temel öğrenme aracı niteliğindeyken, 1984’te bu temsiller sadeleşmiş ve açıklayıcı şema düzeyine indirgenmiştir. 2024 ders kitabında ise uzamsal temsiller grafikler, şematik modeller ve soyut diyagramlar aracılığıyla sunulmakta; bu da somuttan soyuta doğru bir evrime işaret etmektedir. Alan yazın, fen eğitiminin zaman içinde somut manipülasyonlardan dijital ve kavramsal modellere yöneldiğini doğrulamaktadır (Disessa, 2004). Bu dönüşüm, temsillerin niteliğini güçlendirmiş olsa da uzamsal düşünmenin “üretim temelli” boyutunun giderek zayıflamasına neden olmuştur.

Çizelge 4.21. 1984 Yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan geometrik ve uzamsal akıl yürütmeye ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular

Kod Kategorisi	Frekans (f)	Yüzde (%)	Açıklama
Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme	44	22	Kuvvet yönü, ışığın doğrultusu, basınç alanı çizimleri

Geometrik ve uzamsal akıl yürütme kategorisinin ($f=44$; %22) yüksek bir oranla temsil edilmesi, fen öğretiminin yalnızca sayısal hesaplamalar üzerine değil, aynı zamanda uzamsal ve görsel akıl yürütme üzerine de yapılandığını göstermektedir. Çizelge 4.21’de incelendiğinde geometrik ve uzamsal akıl yürütme kategorisinin ($f=44$; %22) yüksek bir oranla temsil edilmesi, fen öğretiminin yalnızca sayısal hesaplamalar üzerine değil, aynı zamanda uzamsal ve görsel akıl yürütme üzerine de yapılandığını göstermektedir. Kuvvet yönleri, basınç dağılımları veya ışık ışınlarının doğrultusu gibi kavramların grafiksel/şematik temsillerle ele alınması; öğrencilerin zihinsel model oluşturma süreçlerini desteklediğini vurgulayan Gilbert ve Justi’nin (2016) modelleme çalışmalarını doğrulamaktadır. Dolayısıyla fen öğretiminde uzamsal akıl yürütme, modern pedagojik

yaklaşımların gerektirdiği şekilde bilişsel yükü azaltan ve anlamayı derinleştiren bir bileşen olarak görünmektedir.

Çizelge 4.22. 1954 ve 1984 Yılı geometrik ve uzamsal akıl yürütme MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı

Kategori	1954 → 1984 Değişimi (Δ_1)	Bulgu
Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme	-6	Şekil açıklamaları sadeleşmiş, sözel yön betimleri azalmış.

Çizelge incelendiğinde geometrik ve uzamsal akıl yürütme değişiminde azalma görülmüştür. Geometrik ve uzamsal akıl yürütme kategorisinde (-6) lık bu değişim. Bu azalış, ders kitaplarında otuz yıllık süreçte uzamsal becerilere yaklaşımında önemli bir paradigma değişikliğine işaret etmektedir (Çizelge 4.22).

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan geometrik ve uzamsal akıl yürütme noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulguların 1954 ve 2024 yıllarının karşılaştırılmasını Çizelge 4.23’de görüyoruz.

Çizelge 4.23. Yıllar arasındaki geometrik ve uzamsal akıl yürütme analizi noktasından karşılaştırma

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme	28	14	-14

Çizelge incelendiğinde geometrik ve uzamsal akıl yürütme noktasında değişim (-14) olarak görülmektedir. Çizelge 4.23’te görüldüğü gibi 1954 kitabı, fiziksel şekiller, kuvvet yönleri ve ısı akışı okları gibi somut şemalar içerir. 2024 kitabı bu tür uzamsal açıklamaları

sadeleştirmiş, daha çok kavramsal modellere yönelmiştir. Bu nedenle uzamsal temsil azalmış; yerini dijital veya kavramsal diyagramlar almıştır.

1954 tarihli Fen Bilgisi Orta 2 kitabının “Su ve Etkileri” adlı üçüncü ünitesi ile 2024 yılı Fen Bilimleri 7 (Ferman Yayınları) kitabının “Saf Madde ve Karışımlar” adlı dördüncü ünitesi karşılaştırmalı inceleyerek, matematiksel tabanın altı alt kategorisinde karşılaştırılması sıra ile yapılmıştır. Çizelgedeki sayısal veriler sıra ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.24. Ünite bazlı yıllara göre geometrik ve uzamsal akıl yürütme noktasından karşılaştırılması

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme	20	10	–10

Çizelgeye göre geometrik ve uzamsal akıl yürütmenin bilişsel gerekliliğini azaltmıştır. Dolayısıyla bu kategori 1954’te %20 iken 2024’te %10’a düşmüştür. 1954 kitabında şekil ve düzenek çizimleri son derece ayrıntılıdır: taşıma kabı, silindir, terazî ve ölçüm düzenekleri öğrencinin geometrik algısını geliştirir. Örneğin “Şekil 37: Taşıma kabı ile hacim ölçülmesi” (s. 60) görseli, hacim kavramını doğrudan mekânsal temsil üzerinden öğretir. Ayrıca su seviyesi değişimini ölçmek için kullanılan “silindir içindeki taşkın yüksekliği” görseli, geometrik akıl yürütmenin fiziksel bağlamını oluşturur. 2024 ders kitabında şekil temsilleri basitleştirilmiş, deney düzenekleri soyutlanmıştır. Öğrenci daha çok “hazır çizim” yorumlar; çizim yapması beklenmez. Bu durum, uzamsal akıl yürütmenin bilişsel gerekliliğini azaltmıştır. Dolayısıyla bu kategori 1954’te %20 iken 2024’te %10’a düşmüştür (Çizelge 4.24).

4.1.5. Beşinci alt probleme yönelik bulgular veri analizi, istatistik ve olasılık

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan veri analizi, istatistik ve olasılık noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt

problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulgular aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki veri analizi, istatistik ve olasılık yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri

Kategori	1954 (%)	1984 (%)	2024 (%)	Δ (1954–1984)	Δ (1984–2024)	Δ (1954–2024)
Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık	2	6	8	+4	+2	+6

Çizelge incelendiğinde veri analizi istatistik ve olasılık: Sayısal verinin +4 ve +2 artması (Veri okuryazarlığı temel fen becerisi hâline gelmiştir). Çizelge 4.25’de veri analizi, istatistik ve olasılık kategorisindeki +4’lük yükseliş görülmektedir. Veri analizi, istatistik ve olasılık kategorisi %8’e yükselmiş (+2) ve fen eğitiminde veri okuryazarlığının yerleşik bir uygulama hâline geldiğini göstermiştir. Veri analizi ve istatistiksel yorumlama boyutundaki %6’lık artış, güncel öğretim programlarının odağını veri okuryazarlığı ve grafiksel muhakeme yetkinliklerine kaydırıldığının somut bir göstergesidir. Dolayısıyla, mevcut bulgular programın sadece teorik bilgi aktarımını değil, veriyi anlama ve işleme becerisini merkeze alan dönüşümcü yapısını teyit eder niteliktedir.

Kitap içerikleri nicel olarak değerlendirildiğinde, veri analizine yer verme oranlarının yıllar içinde belirgin biçimde arttığı görülmektedir. Bu kategori 1954 ders kitabında %4 düzeyinde iken, 1984 ders kitabında %6’ya yükselmiş, 2024 ders kitabında ise %18 gibi belirgin bir orana ulaşmıştır. Bu artış, fen eğitiminin bilgi aktarımından araştırma-sorgulama yaklaşımına doğru evrildiğini ve verinin fen öğretiminin temel bir unsuru hâline geldiğini göstermektedir.

1954’ten 2024’e uzanan süreç, fen ders kitaplarında verinin kullanım biçiminin nitel bir dönüşüm geçirdiğini ortaya koymaktadır. Veri, 1954 ders kitabında yalnızca gözlemsel kayıt niteliğinde iken, 1984 ders kitabında sınırlı karşılaştırmaların yapılabilirdiği bir yapıya

dönüşmüş bundan sonra 2024 ders kitabında ise grafik oluşturma, çıkarım yapma ve ilişkileri yorumlama gibi üst düzey becerilerle bütünleşmiştir. Bu gelişim, fen öğretiminde verinin betimleyici bir durumdan çıkıp bilimsel düşünmenin merkezine yerleştiğini göstermektedir.

Çizelge 4.26. 1984 yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan veri analizi, istatistik ve olasılığa ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular

Kod Kategorisi	Frekans (f)	Yüzde (%)	Açıklama
Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık	12	6	Tablo, basit grafik ve deney sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge incelendiğinde veri analizi, istatistik ve olasılık ($f=12$; %6) ile fen eğitiminde daha yeni gelişmekte olan matematiksel düşünme biçimlerine işaret etmektedir. Çizelge 4.26’da düşük oranlarla temsil edilen iki kategori olan veri analizi, istatistik ve olasılık ($f=12$; %6) ile değişim hızı ve kalkülüs temelleri ($f=12$; %6) ise fen eğitiminde daha yeni gelişmekte olan matematiksel düşünme biçimlerine işaret etmektedir. Veri yorumlama, değişkenler arası ilişkileri tanıma ve temel istatistiksel karşılaştırmaları yapma becerileri, güncel fen eğitimi araştırmalarında “veri merkezli düşünme” biçiminin öncülleri olarak değerlendirilmektedir (Ainley ve Pratt, 2019).

Çizelge 4.27. 1954 ve 1984 Yılı veri analizi, istatistik ve olasılık MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı

Kategori	1954 → 1984 Değişimi (Δ_1)	Bulgu
Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık	+4	İlk tablo ve veri yorumları yer almış.

Çizelge incelendiğinde veri analizi, istatistik ve olasılık kategorisinde +4’lük bir artış görülmektedir. Çizelge 4.27’de sunulan veriler doğrultusunda, veri analizi, istatistik ve olasılık kategorisinin 1954 ve 1984 yılları arasındaki tarihsel gelişimi incelendiğinde, bu

alandaki içerik yoğunluğunda +4 kaydedildiği görülmektedir. Bu nicel artışın nitel yansıması ise öğretim programlarında veri okuryazarlığına verilen önemin somutlaşması şeklinde ortaya çıkmıştır. Söz konusu dönemde, ham verilerin sistematik bir biçimde düzenlenmesine olanak tanıyan ilk tablo gösterimleri ve bu tablolar üzerinden gerçekleştirilen veri yorumlama süreçlerinin müfredata entegre edildiği saptanmıştır. Bu durum, matematik eğitiminde soyut işlem becerilerinden, veriye dayalı çıkarım yapma ve istatistiksel okuryazarlık basamaklarına doğru bir yönelimin başladığını göstermesi bakımından kritiktir.

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan veri analizi, istatistik ve olasılık (+6%) noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulguların 1954 ve 2024 yıllarının karşılaştırılması. Bulguların değişim ve farkı Çizelge içerisinde verilmiştir.

Çizelge 4.28. Yıllar arasındaki veri analizi, istatistik ve olasılık (+6%) noktasından karşılaştırma

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık	2	8	+6

Çizelge incelendiğinde veri analizi, istatistik ve olasılık (+6%) artış olduğu görülmektedir. Çizelge 4.28’de sunulan veriler, veri analizi, istatistik ve olasılık kategorisinin 1954 yılından 2024 yılına kadar olan yetmiş yıllık süreçteki oransal değişimini çarpıcı bir biçimde ortaya koymaktadır. İlgili dönemler kıyaslandığında, bu kategorinin müfredat veya içerik içerisindeki payının %2’den %8’e yükseldiği ve toplamda %6’lık pozitif bir artış sergilediği görülmektedir.

Bu nicel yükseliş, modern eğitim paradigmalarının bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Özellikle 21. yüzyıl becerileri arasında kritik bir yer tutan veri okuryazarlığı ve belirsizlik yönetimi (olasılık) kavramlarının, geleneksel matematik öğretiminden veri temelli karar verme süreçlerine doğru evrildiği saptanmıştır. 1954 yılındaki kısıtlı temsilin aksine, 2024 yılı verileri istatistiksel analiz yöntemlerinin eğitim programlarındaki ağırlığının dört katına

çıkıldığını ve bu disiplinin temel bir gereklilik haline geldiğini kanıtlamaktadır. 1954 kitabında veri analizine rastlanmazken, 2024 ders kitabında öğrencilerden deney sonuçlarını tablo ve grafiklerle ifade etmeleri beklenmektedir.

1954 tarihli Fen bilgisi Orta 2 kitabının “Su ve Etkileri” adlı üçüncü ünitesi ile 2024 yılı Fen bilimleri 7 (Ferman yayınları) kitabının “Saf Madde ve Karışımlar” adlı dördüncü ünitesi karşılaştırmalı incelenerek, matematiksel tabanın veri analizi ve istatistik noktasından incelenmesi nasıldır? sorusuna cevap oluşmuştur. Çizelge 4.29’daki sayısal veriler sıra ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.29. Ünite bazlı yıllara göre veri analizi, istatistik ve olasılık noktasından karşılaştırılması

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık	4	18	+14

Çizelge incelendiğinde veri analizi kategorisi 1954’te %4 iken 2024’te %18’e yükselmiştir. 1954 kitabında veri analizi sınırlı düzeydedir. Bazı etkinliklerde “tabloya kaydediniz” yönergesi verilse de sayısal karşılaştırma veya grafik bulunmaz. Öğrenci veriyi üretir ancak analiz etmez; süreç nitel gözlemle sınırlıdır (Çizelge 4.29).

2024 kitabında veri analizi önemli bir yer tutar: “Çözünürlük sıcaklıkla nasıl değişir?” etkinliğinde öğrencilerden farklı sıcaklıklarda ölçtükleri çözünürlük miktarlarını tabloya yerleştirip eğilim grafiği çizmeleri istenir (s. 112). Bu, istatistiksel düşünmenin fen öğretiminde açık biçimde yer aldığını gösterir. Ayrıca “Yoğunluk tablosu” etkinliği, kategorik veri karşılaştırması sağlar. Dolayısıyla veri analizi kategorisi 1954’te %4 iken 2024’te %18’e yükselmiştir.

Çizelge 4.30. Ünite bazlı yıllara göre veri analizi, istatistik ve olasılık noktasından analizi ve elde edilen doğrudan alıntı

		Sayfa	Kod Kategorisi (1–6)	Kod Etiketi	Segment (Doğrudan Alıntı)
2024	Saf Madde ve Karışımlar	109	5	Veri Analizi, İstatistik ve Olasılık	“Farklı sıcaklıklarda tuzun çözünürlüğünü tabloya yazınız.”

Çizelge incelendiğinde 2024 ders kitabında “Saf Madde ve Karışımlar” başlığı, artık kimyasal temsillerle desteklenmiş biçimdedir. Çizelge 4.30’da 2024 ders kitabında “Saf Madde ve Karışımlar” başlığı, artık kimyasal temsillerle desteklenmiş biçimdedir. Öğrenciden veri toplayarak “Farklı sıcaklıklarda tuzun çözünürlüğünü tabloya yazınız.” veya “Çözelti yoğunluğunun sıcaklıkla değişimini grafiğe aktarınız.” gibi etkinlikler istenmektedir. Bu ünite de veri analizi (%8) ve cebirsel modelleme (%22) kategorileri belirginleşmiş, buna karşın ölçme ve birim içeriği (%16) azalmıştır. Dolayısıyla, 1954–1984–2024 çizgisi, su – madde yoğunluk konularında deneyden modele, gözleminden analize uzanan bir pedagojik dönüşümü temsil etmektedir.

4.1.6. Altıncı alt probleme yönelik bulgular değişim hızı ve kalkülüs

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan değişim hızı ve kalkülüs noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulgular aşağıdaki çizelgeler de sıra ile verilmiştir.

Çizelge 4.31. Yıllara göre fen bilgisi kitaplarındaki değişim hızı ve kalkülüs yüzde değerleri ve gerçekleşen değişimleri

Kategori	1954 (%)	1984 (%)	2024 (%)	Δ (1954–1984)	Δ (1984–2024)	Δ (1954–2024)
Değişim Hızı ve Kalkülüs	0	6	20	+6	+14	+20

Değişim hızı ve kalkülüs temelleri, +20 (Fen olaylarının statik değil, dinamik süreçler olarak kavranması). Çizelge 4.31’e göre değişim hızı ve kalkülüs temelleri kategorisinin ilk kez (%6) görünür hâle gelmesi, fen öğretiminin giderek daha analitik bir yapıya yöneldiğini göstermektedir. Değişim hızı ve kalkülüs temelleri kategorisi %20’ye yükselmiş (+14) ve en hızlı büyüyen kategori olmuştur. Grafiklerin eğimi üzerinden sıcaklık artış hızının yorumlanması gibi etkinlikler, öğrencilerin erken yaşta pre-kalkülüs ve fonksiyonel düşünme süreçlerine dâhil edildiğini göstermektedir (Kilpatrick vd., 2001). Bu yaklaşım, uluslararası fen eğitimi literatüründe giderek önem kazanan model temelli öğrenme anlayışıyla uyumludur (Lehrer ve Schauble, 2006; NRC, 2012).

Örneğin, $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ gibi formüllerin ders kitabına dâhil edilmesi, fen kavramlarının yalnızca deneysel olarak gözlemlenen olgular değil, aynı zamanda matematiksel olarak ifade edilebilen değişkenler arası ilişkiler olarak ele alınmaya başlandığını göstermektedir. Bu durum öğrencinin yalnızca “ısı ölçmekten” değil, ısının miktarını hesaplamaktan, maddelere göre farklılaşmasını karşılaştırmaktan ve sonuçları tablolara aktararak yorumlamaktan sorumlu tutulduğunu ortaya koymaktadır.

2024 yılı fen kitabı, fen öğretiminde ilişkisel, model temelli ve veri odaklı bir pedagojinin tam anlamıyla yerleştiği dönemi temsil etmektedir. Bu dönemde öğrenciden beklenen şey, artık yalnızca ölçüm yapmak ya da formülü uygulamak değil; ölçüm sonuçlarını anlamlı bir matematiksel bağlama yerleştirmek, ilişkileri yorumlamak, grafiklerin eğimini açıklamak, veri setleri arasındaki örüntüleri belirlemek ve bunlara dayalı çıkarımlarda bulunmaktır.

1954–2024 arasındaki dönüşüm, altı matematiksel akıl yürütme kategorisinin frekans dağılımlarında belirgin yapısal değişiklikler ortaya koymuştur. Geleneksel kategorilerde anlamlı düşüşler, çağdaş analitik kategorilerde ise güçlü artışlar gözlenmiştir:

Bu dönüşüm, fen öğretiminin bilgiye yaklaşım biçiminde paradigmatik bir kaymayı işaret etmektedir. 1954’te bilgi “ölçülerek doğrulanan” bir yapı iken, 2024’te bilgi “modellenerek açıklanan” bir yapıya dönüşmüştür (Duschl, 2009 ; Schwab, 1978).

Değişim kavramının nicel ve grafiksel olarak ele alınması, öğrencinin eğim–hız–enerji ilişkisini anlamlandırmasına zemin hazırlayan bir yapı sunmaktadır. Bu ilişkinin fen programında yer bulması, türevin kavramsal ön basamaklarının örneğin değişim oranı, fonksiyon grafikleri ve eğim kavramı artık erken yaşlarda fen öğretiminin parçası hâline geldiğini göstermektedir (Zandieh, 2000). Nitekim analiz edilen ders kitaplarında bu kategori 1954 ders kitabında yer almazken, 2024 ders kitabında %14–20 aralığında temsil edilerek güçlü bir içerik alanı hâline gelmiştir.

Çizelge 4.32. 1984 yılı fen bilgisi ders kitabına ait matematiksel temellerin alt kategorisi olan değişim hızı ve kalkülüs temellerine ait frekans ve yüzde olarak elde edilen bulgular

Kod Kategorisi	Frekans (f)	Yüzde (%)	Açıklama
Değişim Hızı ve Kalkülüs Temelleri	12	6	Sıcaklık-zaman ilişkileri, değişim oranı ifadeleri

Çizelge incelendiğinde benzer biçimde sıcaklık–zaman ilişkileri ya da değişim oranı gibi kalkülüs temelli ifadeler, NRC’nin (2012) fen öğretiminde nicel ilişkiselliğin önem kazandığını vurgulayan çerçevesiyle tutarlıdır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, toplam 200 kod örneği üzerinden elde edilen dağılım, fen öğretim materyallerinin hâlâ önemli ölçüde ölçme–oran eksenli bir matematiksel çerçeveye dayanmakla birlikte, giderek artan biçimde modelleme, uzamsal akıl yürütme ve veri odaklı düşünme türlerini de içselleştirmekte olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.32). Bu durum, fen eğitiminin epistemolojik olarak ampirik doğrulama merkezli bir yapıdan ilişkiyel, model temelli ve veri destekli bir yapıya doğru evrildiğine ilişkin alan yazın (Linn, Eylon ve Davis, 2015; Osborne, 2014) ile tam uyum içindedir. Böylece fen öğretimindeki matematiksel

temeller yalnızca hesaplama becerilerinden ibaret olmaktan çıkmış; bilimsel düşünmenin temelini oluşturan çok katmanlı bir bilişsel yapıya dönüşmüştür.

Çizelge 4.33. 1954 ve 1984 Yılı değişim hızı ve kalkülüs noktasından MaxQda sonuçlarının yıllara göre farkı

Kategori	1954 → 1984 Değişimi (Δ_1)	Bulgu
Değişim Hızı ve Kalkülüs	+6	“Zamanla değişim” ifadeleri ilk kez görülmüş.

Çizelge incelendiğinde Değişim Hızı ve Kalkülüs kategorisindeki değişim (+6). Bu yönüyle 1984 dönemi, 1954’ün gözlemci öğrencisini “hesaplayan öğrenciye”, 2024’ün ise “yorumlayan öğrenciye” dönüştüren bir ara basamaktır.

Bu çerçevede, ölçme olgusunun tarihsel gelişimi üç aşamada belirginleşmektedir:

1954 yılı ders kitabı somut araçlarla yapılan, işlem basamaklarına dayalı, hata ve doğruluk kavramlarıyla ilişkilendirilmiş deneysel-arac temelli ölçme. 1984 yılı ders kitabı sistematik, birimli, veri üretmeye ve matematiksel ilişki kurmaya hizmet eden epistemik ve modelleme odaklı ölçme. 2024 yılı ders kitabı soyut açıklamalar, dijital değer okuma, gözlemsel analiz ve değişken ilişkisi kurma üzerine inşa edilen kavramsal-modelleme temelli ölçme.

Bu dönüşüm, fen eğitiminin tarihsel olarak işlemsel becerilerden kavramsal anlama ve modellemeye yöneldiğini açık biçimde göstermektedir. Öğrenci artık yalnızca “ölçen” değil; aynı zamanda ölçüm verisini yorumlayan, değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen ve ölçmeyi bilimsel model kurmanın bir bileşeni olarak gören bir özne konumuna geçmiştir.

1954–1984 karşılaştırmasına ilişkin nicel değişim değerleri, fen öğretim materyallerinin yaklaşık otuz yıllık süreçte geçirdiği yapısal dönüşümün hem pedagojik hem de epistemolojik nitelik taşıdığını göstermektedir. MAXQDA sonuçlarında görülen Δ_1 değerleri, özellikle matematiksel temsillerin niteliğinde belirgin bir kaymaya işaret etmektedir (Çizelge 4.33).

Bu yönüyle 1984 dönemi, 1954'ün gözlemci öğrencisini “hesaplayan öğrenciye”, 2024'ün ise “yorumlayan öğrenciye” dönüştüren bir ara basamaktır. MAXQDA Code Matrix Browser verilerine göre, 1984 kitabındaki görsel-şematik unsurlar (örneğin kuvvet yönü, basınç alanı, ışığın yansıma açısı) toplam kodların yaklaşık %22'sini oluşturmaktadır. Bu oran, 1954'e göre azalmış olsa da görselliğin hâlâ fen öğretiminde kavramsal köprü işlevi gördüğünü göstermektedir. Bununla birlikte, bu çizimler açıklayıcı nitelikte değil, doğrulayıcı niteliktedir. Deneyin sonucunu özetleyen, ancak model kurmayı teşvik etmeyen görsellerdir. Bu yönüyle 1984 kitabı, imgesel temsilden simgesel temsile geçişin erken bir örneğini sunmaktadır (Bruner, 1966).

1984 dönemi, fen eğitiminde ölçme ile modelleme arasındaki bilişsel boşluğu kapatan bir ara dönemi temsil eder. Bu kitap, öğrencinin artık sadece gözlem yapmasını değil, sayısal ilişki kurmasını beklemektedir. Bu dönemdeki öğretim materyalleri, Piaget'nin “somut işlemler dönemindeki öğrenci” tanımına uygun biçimde, kavramları formül düzeyinde sezdirirken soyut işlem basamağına tam geçiş sağlamamıştır. Dolayısıyla bu kitaplar, somut-simgesel geçiş için önemli pedagojik köprülerdir (McLeod, S. 2025).

Ayrıca 1984 kitabı, 2024 müfredatında güçlü biçimde görülen “enerji dönüşümü”, “oran grafikleri” ve “değişim hızları” gibi kavramların öncül ifadelerini içermektedir. Bu açıdan, 1984 dönemi Türkiye fen eğitiminin epistemik sürekliliğinde eksik halkayı tamamlamaktadır.

1984 yılı fen kitabı analizi, fen öğretiminde deneysel-gözlemsel epistemeden cebirsel ilişkisel epistemeye geçişin başladığı dönemi temsil etmektedir.

Kodlama sonuçları, 1984 kitabında, ölçme ve gözlemin hâlâ baskın (%28) olduğunu, ancak cebirsel modellerin ilk kez sistematik olarak öğretime girdiğini (%14), verinin (tablo, karşılaştırma) ve değişim hızının (%6) ortaya çıkmaya başladığını, bu yapıların 2024 müfredatında modelleme ve veri analizi eksenine evrildiğini göstermektedir. Bu açıdan 1984 ders kitabı, Türkiye’de fen eğitiminde matematiksel düşünmenin gelişiminde ara bir epistemik katman oluşturmuştur. Öğrenci artık doğa olaylarını yalnızca gözlemlememekte, ilişkileri hesaplayarak açıklamaya yönelmektedir. Bu evrimsel süreç,

1954–1984–2024 çizgisinde fen eğitiminde gözle görülür bir bilişsel olgunlaşmayı işaret etmektedir.

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan değişim hızı ve kalkülüs noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz bulguların 1954 ve 2024 yıllarının karşılaştırılması aşağıdaki Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Yıllar arasındaki değişim hızı ve kalkülüs (+20 %) noktasından karşılaştırma

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Değişim Hızı ve Kalkülüs	0	20	+20

Çizelge incelendiğinde değişim hızı ve kalkülüs +20 artış ile matematiksel kavramların fen öğretiminde süreklilik ve türevsel düşünme biçiminde yer almaya başladığının güçlü bir göstergesi olmaktadır. En belirgin fark bu kategoridedir. 1954 ders kitabında değişim hızı kavramı yokken, 2024 kitabında sıcaklık–zaman, enerji–ışık şiddeti grafikleri üzerinden eğitim kavramı sezdirilmektedir. Bu, matematiksel kavramların fen öğretiminde süreklilik ve türevsel düşünme biçiminde yer almaya başladığının güçlü bir göstergesidir (Çizelge 4.34).

1954’ten 2024’e geçiş, fen eğitiminin bilgi üretme biçiminde köklü bir paradigmatik dönüşümü yansıtmaktadır. Erken dönem fen öğretimi “ölç ve doğrula” ilkesine dayanırken, günümüz öğretimi “model kur ve ilişkilendir” anlayışını benimsemiştir. Bu değişim, doğrudan gözlem temelli bilgidan kavramsal model temelli bilgiye geçişi temsil etmektedir.

Fen öğretiminde kullanılan matematiksel temeller artık yalnızca araç değil, anlam kurma sürecinin kendisi hâline gelmiştir (Bruner, 1966; NCTM, 2020). Bu nedenle modern fen öğretimi, öğrencinin yalnızca fiziksel büyüklükleri ölçmesini değil, bu büyüklükler arasındaki ilişkileri matematiksel olarak temsil etmesini amaçlamaktadır.

1954 tarihli Fen Bilgisi Orta 2 kitabının “Su ve Etkileri” adlı üçüncü ünitesi ile 2024 yılı Fen Bilimleri 7 (Ferman Yayınları) kitabının “Saf Madde ve Karışımlar” adlı dördüncü ünitesi

karşılaştırmalı incelenerek, matematiksel tabanın altı alt kategorisinde karşılaştırılması sıra ile yapılmıştır. Çizelgedeki sayısal veriler sıra ile karşılaştırılmıştır.

Fen bilgisi eğitimi orta 2 (7.sınıf) kitaplarında matematiksel tabanın alt maddelerinden olan değişim hızı ve kalkülüs noktasında nasıldır? Sorusuna cevap aradığımız alt problemimize yönelik MAXQDA ile elde ettiğimiz ünite bazlı bulguların karşılaştırılması Çizelge 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4.35.Ünite bazlı yıllara göre değişim hızı ve kalkülüs noktasından karşılaştırılması

Kategori	1954 (%)	2024 (%)	Δ (2024–1954)
Değişim Hızı ve Kalkülüs	0	14	+14

Çizelge incelendiğinde +14 oranı ile artış değişim hızı ve kalkülüs noktasından değişimi. 1954 ders kitabında suyun hâl değişimleri anlatılırken (buharlaşıma, yoğuşma, donma) “ısı enerjisi alır/verir” ifadeleriyle nitel bir değişim fikri sezdirilir; ancak oran veya zaman vurgusu yapılmaz (Çizelge 4.35).

2024 ders kitabında bu kavram açık biçimde dinamik bağlamda işlenmiştir: “Sıcaklık arttıkça çözünürlük artar.” (s. 111) ifadesi, değişim oranını tanımlar. “Grafikte sıcaklık eksenini yatayda, çözünürlük dikeyde verilmiştir.” cümlesi, bağımlı-bağımsız değişken kavrayışını güçlendirir. Bu, kalkülüsün öncül kavramı olan değişim oranı düşünmesinin fen programına yerleştiğini gösterir. 1954’te bulunmayan bu kategori 2024’te %14 oranında yer almıştır 1954 ders kitabında suyun fiziksel özellikleri, ölçme ve gözlem doğruluğu bağlamında aktarılmış. Öğrenci, deneysel verinin güvenilirliğini sağlamakla yükümlüdür. 2024 ders kitabında ise bilgi, ölçümden ziyade ilişkisel modelleme biçiminde yapılandırılmıştır: yoğunluk, sıcaklık ve çözünürlük kavramları birbirine bağlı değişkenlerdir.

Bu dönüşüm, fen öğretiminde epistemolojik bir değişimi de temsil eder. 1954’te ders kitabı bilgi gözlemsel ve doğrulayıcıdır. 2024’te ise ders kitabı bilgi ilişkisel ve açıklayıcıdır.

Bu durum Piaget'nin (1970) soyut işlemler aşamasına denk düşer: öğrenci, nicel değişkenler arası ilişkiyi zihinsel olarak temsil edebilme düzeyine ulaşır. Ayrıca Bruner'in (1966) sembolik temsil düzeyi burada açıkça gözlenmektedir: grafik, tablo ve formül artık anlamın taşıyıcısıdır.

1954 ders kitabında, “bilimsel araç kullanımı” üzerinden operasyonel yetkinlik geliştirirken; 2024 ders kitabında, anlam kurma ve yorumlama odaklıdır. Dolayısı ile fen eğitiminin yönü, araç temelli öğrenmeden model temelli öğrenmeye doğru evrilmiştir. 1954 kitabında ölçme, yoğunluk ve hacim deneylerinin baskın; 2024 kitabında ise veri yorumlama, oransal düşünme ve grafiklerle temsilin ön plana çıktığını göstermektedir. Ölçme-birim ve geometrik temsil kategorilerindeki azalış, güncel programın daha çok kavramsal açıklama ve modelleme vurgusuna yöneldiğini yansıtır.

Üç dönem birlikte değerlendirildiğinde, 1954 yılı ders kitabı fen öğretimini deneysel doğrulama ve ölçme etkinlikleri üzerine kuran pozitivist bir anlayışı temsil etmektedir. 1984, deneysel yapıyı korumakla birlikte cebirsel temsilleri ve veri temelli düşünmeyi tanıtan geçiş evresidir. 2024, fen kavramlarını ilişkisel bağlamda ele alan, modeli merkeze alan ve veriye dayalı çıkarımı temel alan çağdaş pedagojik dönemi temsil etmektedir.

Bu bulgular, fen eğitiminin yalnızca içeriğini değil, bilginin üretilme ve anlamlandırılma biçimini de dönüştürdüğünü göstermektedir. Dolayısıyla 1954–1984–2024 süreci, fen öğretiminde teknik bir güncelleme değil, epistemolojik bir dönüşüm olarak değerlendirilmelidir (Lincoln ve Guba, 1985).

Çizelge 4.36.Ünite bazlı yıllara göre değişim hızı ve kalkülüs noktasından analizi ve elde edilen doğrudan alıntı

Yıl	Ünite	Sayfa	Kod		Segment (Doğrudan Alıntı)
			Kategorisi	Kod Etiketi	
			(1–6)		
2024	Kuvvet ve Enerji	85	6	Değişim Hızı ve Kalkülüs	“Grafiğin eğimi, enerji değişim hızını gösterir.”

	Işığın			Değişim Hızı	“Grafiğin eğimi sıcaklık
2024	Maddeyle	132	6	ve Kalkülüs	artış hızını gösterir.”
	Etkileşimi				

Çizelge incelendiğinde fen öğretiminde değişim hızı ve kalkülüs noktasından düşünme becerilerinin kazanıldığını göstermektedir.

Çizelge 4.36’ ya göre 2024 yılında yayımlanan fen 7 (Ferman Yayınları) kitabında, enerji kavramı artık yalnızca fiziksel bir nicelik olarak değil, dönüşüm, korunma ve ilişki kavramlarıyla birlikte sunulmaktadır. “Grafiğin eğimi enerji değişim hızını gösterir.” gibi açıklamalar, değişim hızı ve kalkülüs temellerinin sezdirilmesine yönelik örneklerdir. Ayrıca öğrenciden deney sonuçlarını tabloya kaydedip grafikte ifade etmesi beklenmektedir. Bu durum, fen öğretiminde veri analizine dayalı düşünme becerilerinin kazanıldığını göstermektedir. 2024 kitabı, kuvvet–enerji temasını sadece deneysel değil, temsil ve modelleme ekseninde ele almaktadır. Böylece bilgi aktarım biçimi, eylem temsili düzeyinden (Bruner, 1966) simgesel düzeye geçmiştir.

2024 ders kitabındaki ışığın madde ile etkileşimi ünitesi, ısı ve enerji ilişkisini grafiksel ve fonksiyonel temsillerle öğretmektedir. Öğrencilerden “Grafiğin eğimi sıcaklık artış hızını gösterir.” biçiminde çıkarım yapmaları istenmekte, böylece değişim oranı kavramı sindirilmektedir. Bu yaklaşım, kalkülüs temellerinin erken yaşta kavratılması anlamına gelir (Kilpatrick, ark., 2001). Ayrıca 2024 kitabı, öğrencinin elde ettiği ölçüm sonuçlarını tabloya aktarmasını ve eğilimleri yorumlamasını istemektedir. Bu, fen eğitiminde veri temelli akıl yürütme anlayışının yerleştiğini gösterir. Dolayısıyla 1954’te “ölç ve gözlemle” olan görev, 1984’te “hesapla ve doğrula”, 2024’te ise “modelle ve yorumla” düzeyine evrilmiştir. Bu, sadece yöntemsel değil, epistemolojik bir değişimi de ifade eder (Bruner, 1966; NCTM, 2020).

Bu bulgular, bir sonraki bölümde (Tartışma ve Sonuçlar) ayrıntılı olarak değerlendirilecektir.

5.TARTIŞMA

Fen bilgisi eğitiminin temel amacı, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve bilimsel okuryazarlık becerilerini geliştirmektir. Bu becerilerin kazandırılması ise fen kavramlarının hem nicel hem de kavramsal düzeyde temsil edilmesini gerektirmekte; dolayısıyla matematiğin fen öğretimindeki rolünü vazgeçilmez kılmaktadır. Uluslararası literatür, matematiğin fen kavramlarını açıklamada bir “dil” niteliği taşıdığını (Redish, 2005; Tuminaro ve Redish, 2007) ve bilimsel akıl yürütmenin çoğu zaman matematiksel temsiller üzerinden gerçekleştiğini ortaya koymaktadır (Lehrer ve Schauble, 2006). Bu nedenle fen ve matematik arasındaki entegrasyon, yalnızca pedagojik bir tercih değil, bilimsel bilginin doğasının gerektirdiği epistemolojik bir zorunluluktur.

Çizelge 4.1’de sunulan verilerin ayrıntılı analizi, incelenen fen bilgisi ders kitaplarında matematiksel temaların temsil oranlarının dönemsel olarak önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bulgular, her bir dönemin baskın fen öğretimi anlayışının ve pedagojik önceliklerinin, matematiksel temsillerin niteliğini ve kullanım düzeyini doğrudan etkilediğini göstermektedir.

1954 yılı ders kitabında sayısal karşılaştırmalar büyük ölçüde doğrudan işlem yapma, birim dönüşümü ve basit oran kurma biçiminde yapılandırılmıştır. “Libre, ons, kilogram dönüşümleri” veya “Bir ons kaç gramdır?” gibi yönergelerde görüldüğü üzere (s. 3), öğrencinin oransal düşünmesi mekanik bir hesaplama bağlamında ele alınmıştır. Bu sunum biçimi, dönemin fen öğretiminde hâkim olan “öğrenciye işlem yaptırarak kavratma” yaklaşımı ile uyumludur (Altun, 2002; Baykul, 2014).

Kitabın yoğunluk kavramını ele alış biçimi de bu çerçeveyi doğrulamaktadır. “Aynı hacimde demir batarken tahta batmaz; çünkü demir daha ağırdır.” açıklaması (s. 58), sezgisel bir karşılaştırmaya dayanmakta, ancak matematiksel bir modelleme sunmamaktadır. Yoğunluk formülünün ($d = m/V$) verilmemesi, oransal akıl yürütmenin sözel düzeyde tutulduğunu

göstermektedir. Bu durum literatürde “erken dönem fen eğitiminin oransal ilişkileri sezdirme, ancak formülleştirmeme eğilimi” olarak tanımlanmaktadır (Smith, 2002; Post ark., 1982).

1984 Fen Bilgisi Orta 2 ders kitabı, 1954’e kıyasla oransal akıl yürütmeyi daha yapılandırılmış, formel, nicel bağıntılarla desteklenen bir biçimde sunmaktadır. “Basıncı, kuvvetin yüzeye dik etkisinin yüzey alanına oranıdır.” veya “Sıvı basıncı derinlikle doğru orantılıdır.” biçimindeki ifadeler, öğrenciye yalnızca oran kurdurmamakta; aynı zamanda değişkenler arasındaki nicel bağımlılıkları anlamasını zorunlu kılmaktadır.

Bu yaklaşım, Karplus ve Thier’in (1967) tanımladığı “bilimsel akıl yürütmenin yapısal basamağı” ile uyumludur. Öğrenci artık yalnızca nicelikleri karşılaştırmamakta, fiziksel modellerin altında yatan oranlı ilişkileri kavramaktadır.

Ayrıca “10 N’luk bir kuvvet 2 m boyunca etkide bulunuyorsa yapılan işi hesaplayınız.” gibi örnekler, oransal düşünmenin problem çözme bağlamında ele alındığını göstermektedir. Dolayısıyla 1984 ders kitabında oransal düşünme, 1954’ün araçsal aritmetiğinden farklı olarak nicel modelleme, bağıntı kurma ve değişken analizine dayanan daha üst düzey bir bilişsel yapıya evrilmiştir.

2024 yılı ders kitabında oransal ilişkilerin sunumu, önceki dönemlere kıyasla daha soyut, fonksiyonel ve veri temelli bir yapıya kavuşturulmuştur. Kütle–ağırlık ilişkisi “doğru orantılı değişkenler” olarak tanımlanmakta (s. 78); öğrenciden bu ilişkiyi aritmetik bir oranlama değil, fonksiyon ilişkisi şeklinde değerlendirmesi beklenmektedir. Bu yaklaşım, literatürde “modern fen eğitiminde matematiksel düşünmenin fonksiyonel düzeye taşınması” olarak nitelendirilmektedir (Lobato ve Ellis, 2010; Thompson, 1994).

Yoğunluk konusunun ele alınışı da bu dönüşümü açıkça göstermektedir. 2024 ders kitabında: $d = m/V$ formülü açıkça verilmekte, öğrenciden veri toplaması, tablo oluşturma, verileri analiz ederek sonuç üretmesi istenmektedir (s. 108–109). Bu tür uygulamalar, çağdaş fen eğitiminin veri temelli akıl yürütme, modelleme ve grafiksel temsil çerçevesiyle uyumludur (NRC, 2012).

Dolayısıyla oran artık 1954'teki gibi aritmetik bir işlem, 1984'teki gibi problem çözme aracı değil; modelleme süreçlerinin altında yatan ilişkisel bir yapı hâline gelmiştir. 1954 yılı fen bilgisi ders kitabına ilişkin veriler, matematiksel temaların daha çok “Ölçme ve Birim/Boyut Analizi” (%32) ile “Geometrik ve Uzamsal Akıl Yürütme” (%28) kategorilerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Ölçme ve birim analizinin bu dönemde en yüksek temsil oranına sahip olması, fen öğretimindeki hâkim yaklaşımın deneysel doğrulama, hassas ölçüm ve doğrudan gözleme dayalı bilgi üretimi anlayışı etrafında şekillendiğinin önemli bir göstergesidir (Aydın, 2019; Lincoln ve Guba, 1985). Bu bağlamda 1954 yılındaki ders kitabı, öğrencinin fiziksel araçlar ve somut materyallerle etkileşim kurmasına, ölçümler yoluyla sonuçları doğrudan gözlemleyerek anlam oluşturmaya odaklanan bir pedagojik çerçeve sunmuştur. Söz konusu yaklaşım, Bruner'in (1966) temsil sistemleri kuramında tanımlanan “eylemsel temsil” düzeyiyle örtüşmektedir. Bu durum, 1954 fen öğretiminde matematik-fen entegrasyonunun temelde somut eylemlere dayalı, manipülatif öğrenme süreçleri üzerinden gerçekleştiğini göstermektedir.

1984 yılı fen bilgisi ders kitabında ise MAXQDA Code Matrix Browser verileri, görsel-şematik temsillerin toplam kodların yaklaşık %22'sini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu oran, 1954 yılıyla kıyaslandığında belirli bir düşüşe işaret etse de görsel unsurların fen öğretiminde hâlen temel bir kavramsal köprü işlevi gördüğü anlaşılmaktadır. Bununla birlikte analizler, 1984 yılı kitabındaki çizimlerin büyük ölçüde “doğrulamacı” nitelikte olduğunu, yani öğrenciyi keşfetmeye, hipotez kurmaya veya model oluşturmaya teşvik etmekten ziyade deney sonuçlarını özetleyen ve pekiştiren statik temsiller olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Dolayısıyla bu dönemdeki görselliğin, Bruner'in hiyerarşisinde imgesel temsilden, simgesel temsile geçiş sürecinin erken ve geçişsel bir evresini yansıttığı söylenebilir. Bu bulgu, 1980'ler fen öğretiminin giderek daha soyut temsillere yöneldiğini ancak hâlen doğrulamacı, rehberlik edici görsellikten tamamen vazgeçmediğini göstermektedir.

Üç dönem birlikte değerlendirildiğinde oransal akıl yürütmenin fen programlarında kimi zaman görünürlüğü azalsa da bilişsel karmaşıklığının zamanla arttığı görülmektedir.

Dönemsel değişim şu şekilde özetlenebilir. 1954: Sözel açıklamalar, basit işlem yapma (araçsal düzey) oran kavramı işlem odaklı, matematiksel modeli zayıf. 1984: Nicel

bağıntılar, fiziksel modeller (yapısal düzey) oran matematiksel bir ilişki olarak yapılandırılıyor. 2024 ders kitabı fonksiyonel ilişkiler veri analizi ve grafiksel temsiller (ilişkisel-kavramsal düzey) oran bir modelin temel bileşeni hâline geliyor. Bu dönüşüm, fen öğretiminin tarihsel gelişimine ilişkin literatürde belirtilen eğilimlerle bütünüyle uyumludur. Bu bağlamda 2024 ders kitabı, çağdaş fen öğretiminin veri okuryazarlığı, modelleme ve üst düzey akıl yürütme hedefleriyle bütünleşmiş görünmektedir.

1954 yılı Fen bilgisi ders kitabında ölçme olgusu, dönemin fen eğitimi yaklaşımıyla uyumlu bir biçimde, öğrenciye deneysel araçları kullanarak öğrenme fırsatı sunan uygulamalar üzerinden kurgulanmıştır. Kalori–joule dönüşümü, termometre kullanımı, çift tartma yöntemi ve hassas terazi ölçümleri gibi etkinlikler, ölçmenin yalnızca sonuç odaklı bir işlem değil, aynı zamanda bir bilimsel süreç becerisi olduğunu vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, Hodson’ın (1992) erken dönem fen eğitimi üzerine yaptığı çalışmalarda tanımladığı “laboratuvar temelli öğrenmenin merkeziliği” ile birebir uyumludur. Kitapta yer alan “terazinin duyarlılığını ölçünüz” veya “yaylı terazi yapınız” (s. 4–5) gibi yönergeler, Millar ve Driver’ın (1987) “ölçme, araç geliştirme ve doğruluk kontrolünün birlikte öğretilmesi” gerektiğine ilişkin vurgusunu yansıtır niteliktedir. Ayrıca “kilogram Paris’teki prototip bir silindirin ağırlığıdır” bilgisi, ölçme sistemlerinin tarihsel temellerini öğrenciye aktarmayı amaçlayan bilinçli bir pedagojik tercihtir. Bu açıdan bakıldığında 1954 ders kitabı ölçmeyi, somut araçlarla yapılan, hata payı ve doğruluk kavramlarını içeren, işlemsel-arac temelli bir öğrenme süreci olarak sunmaktadır. 1984 ders kitabında ölçme ve birim/boyut analizi kategorisinin toplam içeriğin %28’ini oluşturması, ölçmenin fen öğretiminde hâlâ temel bir yer tuttuğunu göstermektedir. Ancak bu dönemde ölçme anlayışının daha sistematik, düzenli ve matematiksel düşünme ile bütünleşik bir niteliğe kavuştuğu görülmektedir. “20 gram”, “5 cm³” ve “2 metre” gibi birimli ifadelerin sistematik sunumu, Lehrer ve Schauble’nin (2006) ölçmenin matematiksel model kurma süreçlerinin temel bileşeni hâline geldiğine ilişkin bulgularını desteklemektedir. Bu çerçevede ölçme, yalnızca araç kullanımı değil; aynı zamanda veri toplama, veri işleme ve nicel ilişki kurma süreci olarak konumlandırılmıştır. Böylece 1984 ders kitabında ölçme, Brookhart’ın (2010) tanımladığı şekliyle “epistemik araç” niteliği kazanmış; deneysel işleminden çıkarak fen öğretiminin yapısal omurgasına dönüşmüştür.

2024 yılı ders kitabında ölçme kavramı, daha çağdaş pedagojik yaklaşımlarla uyumlu olarak kavramsal bütünlük ve gözlemsel yorumlama temelinde ele alınmıştır. Ağırlığın birimi olan Newton'un tanıtımı ve SI sistemine yapılan vurgu korunmakla birlikte, ölçme sürecinin deneysel ayrıntıları belirgin şekilde azaltılmıştır (s. 77). Bu yaklaşım, Osborne ve Dillon'un (2008) modern fen eğitiminde deneysel ayrıntıların azaltılarak kavramsal anlama ve modellemeye daha fazla alan açılması gerektiğine ilişkin önerileri ile paralellik göstermektedir. “Dinamometreye kitap eklendiğinde göstergenin değeri artar” örneğinde olduğu gibi ölçme, artık hesaplama çok değişkenler arası ilişkilerin kavranmasına yönelik nitel bir gözlem olarak sunulmaktadır. Hacim ölçümüyle ilgili yönergelerde yalnızca “kütle ölçer ve dereceli silindir kullanınız” ifadesinin verilmesi (s. 103), Ainsworth'un (2006) çoklu temsil kuramı çerçevesinde, fen öğretiminde sürecin sadeleştirilerek bilişsel yükün azaltılması yönündeki eğilimle uyumludur. Bu yapı, ölçmenin araç merkezli ayrıntılarından uzaklaşarak kavramsal açıklamalar, grafiksel yorumlama ve veri okuma becerileri etrafında yeniden düzenlendiğini göstermektedir.

1954 ders kitabında “dereceli silindirde su seviyesini okuyunuz” ve “taşırma kabı ile hacim bulunuz” (s. 59–61) gibi yönergeler, ölçme sürecinin hata analizi, doğruluk değerlendirmesi ve birim dönüşümlerinin (cm^3 –litre–desimetreküp) ayrıntılı biçimde işlendiği zengin bir öğrenme ortamı sunmaktadır. 2024 ders kitabında ise aynı süreç, dijital göstergeler, harita ölçekleri, uydu görüntüleri ve günlük yaşamdan alınan değer okuma örnekleri üzerinden verilmekte; böylece ölçme modern fen okuryazarlığıyla ilişkilendirilmektedir.

Bu entegrasyonun sınıf düzeyinde sürdürülebilir biçimde sağlanmasında ders kitapları kritik bir rol üstlenmektedir. Ders kitapları, öğrencilerin bilgi yapılarını ve kavramsal ilişkilendirmelerini şekillendiren temel öğrenme materyalleri olarak görülmektedir (Rezat ve Straesser, 2012). Nitekim karşılaştırmalı ders kitabı analizleri, farklı ülkelerdeki müfredat felsefelerinin kitap içeriklerine doğrudan yansıdığını, özellikle matematiksel temsillerin niteliği açısından ülkeler arasında belirgin farklılıklar bulunduğunu göstermiştir (Fan, vd., 2013). Bu bulgular, fen ders kitaplarının matematiksel temellerinin incelenmesini yalnızca ulusal bağlamda değil, uluslararası eğilimleri anlamada da önemli kılmaktadır. Türkiye’de bizim yaptığımız bu çalışma yani *Mathematical Foundations in Science Education* (2025) tez çalışmasının, fen kitaplarının yaklaşık yetmiş yıllık süreçteki matematiksel dönüşümünü ortaya koyması, bu açıdan literatürde önemli bir boşluğu doldurmaktadır.

Bu bulgular, Kenan'ın (2022) fen eğitiminde matematiksel modelleme yeterliliklerini inceleyen doktora çalışması ile de örtüşmektedir. Kenan'ın çalışması, öğretmenlerin modelleme bilgi ve becerilerinin, disiplinler arası entegrasyonun gerçekleşmesinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Uluslararası araştırmalar da öğretmen bilgi birikiminin, modelleme etkinliklerinin başarısını doğrudan etkilediğini göstermektedir (Blum ve Leis, 2007; Kaiser, 2017). Bu doğrultuda, öğretmen yeterliğinin geliştirilmesi yalnızca bireysel pedagojik bir gereksinim değil, modelleme gibi üst düzey becerilere dayanan eğitim yaklaşımlarının etkili uygulanabilmesi için yapısal bir zorunluluk olarak değerlendirilmelidir.

Bununla birlikte, matematiksel modellemenin sınıf içi uygulamalarının etkinliği yalnızca öğretmen yeterliliğine indirgenemez. Öğrencinin etkileşimde bulunduğu temel öğretim materyallerinin niteliği özellikle ders kitaplarının sunduğu matematiksel temsiller, açıklamalar ve problem türleri öğrencinin bilimsel kavramları nicel olarak ifade edebilme kapasitesini doğrudan etkiler. Araştırmalar, zayıf matematiksel temsiller içeren fen kitaplarının, öğrencilerin kavramlar arası bağlantı kurma, nicel akıl yürütme ve modeli bağlama yerleştirme becerilerini sınırlandırdığını göstermektedir (Sherin, 2001; Roth ve Bowen, 2001). Öğrencilerin grafik okuma, tablo yorumlama veya matematiksel ilişki kurma konusundaki güçlüklerinin kaynağı çoğu zaman ders kitaplarında yer alan yüzeysel veya bağlamdan kopuk matematiksel ifadeler olabilmektedir (Ainsworth, 2008).

Bu doğrultuda, ders kitaplarının matematiksel tabanının güçlendirilmesi, fen eğitiminin niteliğini artırmada stratejik bir öneme sahiptir. Ders kitaplarında yer alan matematiksel temsillerin açık, tutarlı ve kavramsal olarak yerinde olması, öğrencilerin hem bilimsel okuryazarlık hem de modelleme becerileri açısından gelişimini desteklemektedir. NCTM (2020) ve NRC (2012) raporları, disiplinler arası düşünme becerilerinin gelişimi için temsiller arası geçişlerin (grafik–denklem–veri–kavramsal açıklama) ders kitaplarında sistematik ve pedagojik olarak yapılandırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, fen-matematik entegrasyonunun etkili bir biçimde hayata geçirilmesi, üç bileşenin uyum içinde gelişmesine bağlıdır:

1. Öğretmenlerin modelleme ve disiplinler arası düşünme konusundaki pedagojik yeterliği,
2. Ders kitaplarının matematiksel temsiller açısından tutarlılığı ve yapısal bütünlüğü
3. Öğrencilerin bu temsilleri anlamlandırmasını kolaylaştıracak öğrenme ortamlarının oluşturulması.

Bu çalışma, ders kitaplarının matematiksel temellerindeki tarihsel dönüşümü ortaya koyarak, bu üç bileşen arasındaki ilişkinin eğitim reformlarında dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu yönüyle araştırma, hem fen eğitimi literatürüne katkı sağlamakta hem de gelecekte yapılacak öğretim materyali geliştirme çalışmalarına kavramsal bir çerçeve sunmaktadır.

Bu araştırmadan elde edilen bulgular, Türkiye’de fen bilimleri ders kitaplarının matematiksel temellerinde uzun dönemli ve sistematik bir dönüşüm yaşandığını göstermektedir. Bu dönüşüm yalnızca pedagojik bir yönelimi değil, aynı zamanda fen eğitiminin epistemolojik karakterindeki değişimi de yansıtmaktadır. Bulgular, özellikle ölçme ve birim analizi gibi deneysel doğrulamaya dayalı kategorilerin giderek azalırken; cebirsel modelleme, veri analizi ve değişim hızı gibi soyut temsillerin belirgin biçimde artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu eğilim, alan yazında fen–matematik entegrasyonuna ilişkin uluslararası çalışmalarla paralellik göstermektedir.

1954 yılı ders kitabında değişkenler arası ilişkiler büyük ölçüde sözel tanımlamalar aracılığıyla sunulmuş; ilişkilerin niteliği, formel bir gösterim dilinden ziyade sezgisel ve deneysel gözleme dayalı açıklamalarla verilmiştir. “Isı miktarı cismin kütlesine bağlıdır” biçimindeki ifadeler, değişkenlerin yalnızca yönsel ilişkilerini belirtmekte; ancak bu ilişkilerin matematiksel bir model altında birleştirilmesine imkân tanımamaktadır. Öğrenme materyalinde formül, sembol veya fonksiyonel gösterimin gerektiği ölçüde kullanılmaması, Karplus’un (1977) erken dönem fen eğitimi analizinde belirttiği “tanımsal bilgi aktarımı” modeline karşılık gelmektedir. Bu nedenle 1954 ders kitabında fonksiyonel düşünme, aritmetiksel dönüşümlere dayanmakta; değişkenlerin birlikte değişimini anlamaya yönelik herhangi bir modelleme süreci oluşturulmamaktadır.

1984 yılı fen bilgisi orta 2 ders kitabı, cebirsel modellemenin öğretim programına sistematik biçimde dahil edilmesiyle önemli bir pedagojik kırılmayı temsil etmektedir. “ $\dot{I}ş = Kuvvet \times$

Yol”, “ $d = m/V$ ” ve “ $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ ” gibi bağıntıların hem tanımlayıcı hem de uygulama soruları yoluyla işlenmesi, öğrencinin artık sembolik bir dil içinde düşünmesinin beklendiğini göstermektedir. Bu dönüşüm, Clement’in (1989) fizik eğitiminde sembolik temsillerin öğrenmeye katkısı üzerine yaptığı çalışmalarda vurguladığı biçimde, öğrenciyi fenomenolojik betimlemeden genelleştirilebilir matematiksel modeller kurma aşamasına taşımaktadır. Bununla birlikte bu dönemde formüller, değişkenlerin birlikte değişimini görsel olarak gösterecek grafiksel veya çoklu temsil sistemleriyle desteklenmemiştir. Ainsworth’un (1999) çoklu gösterim kuramına göre, sembolik temsiller grafiksel temsiller olmaksızın öğrencide kavramsal bütünlük oluşturmakta sınırlı kalmaktadır. 1984 ders kitabında fonksiyonel düşünmenin kısmen gelişmiş, ancak tam temsil bütünlüğüne ulaşamamış olmasının nedeni bu eksiklikle açıklanabilir. Yine de bu kitap, formal matematiksel ilişkilerin fen içerisine ilk kez kararlı bir şekilde entegre edildiği geçiş dönemi niteliğindedir ve fen öğretiminin soyutlama düzeyinin yükseldiğinin göstergesidir (Duit ve Treagust, 1998).

2024 yılı ders kitabı, cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme bakımından çağdaş fen öğretimindeki çoklu temsil, model-temelli akıl yürütme ve değişken analizi ilkeleriyle uyumlu olarak yapılandırılmıştır. “İş = Kuvvet $\times$ Yol” bağıntısının yalnızca formül olarak değil, bağımlı–bağımsız değişken ilişkisini açıkça ortaya koyacak biçimde açıklanması, Lehrer ve Schauble’nin (2006) fen öğretiminde fonksiyonel düşünmenin gelişimi için önerdiği pedagojik yaklaşımını yansıtmaktadır. “Kuvvet artarsa iş artar; yol artarsa iş artar” şeklindeki açıklama, doğrusal ilişki yapısının sezdirilmesine yönelik üst düzey bir stratejidir ve öğrenciyi yalnızca hesaplama değil, ilişki kurma ve model kurma basamaklarına yönlendirmektedir. Kitapta kullanılan tablolar, grafikler ve karşılaştırmalı dijital temsiller, NCTM’nin (2000) fonksiyon kavramının öğretime ilişkin çoklu gösterim ilkeleriyle örtüşmektedir. Böylece değişkenler arası bağıntılar yalnızca sembolik düzeyde değil, grafiksel ve kavramsal düzeyde de ifade edilmekte; bu durum, Mayer’in (2014) çoklu ortam öğrenmesi kuramının öngördüğü şekilde bilişsel bütünleşmeyi desteklemektedir. Bu nedenle 2024 ders kitabı, fonksiyonel düşünmeyi nicel, sözel ve görsel temsil sistemlerinin birlikte yapılandırıldığı bütüncül bir yaklaşımla geliştirmektedir.

2024 yılında yayımlanan Fen 7 (Ferman Yayınları) kitabında kuvvet–enerji ilişkisi, önceki dönemlerden farklı olarak enerji dönüşümü, enerji korunumu, grafik okuma, veri analizi ve

matematiksel modelleme bağlamında sunulmuştur. Kavramların yalnızca tanımlanması yerine, bu ilişkilerin grafikler, diyagramlar ve deney sonuçlarının yorumlanması yoluyla modellenmesi beklenmektedir. Örneğin, “Grafiğin eğimi enerji değişim hızını gösterir.” açıklaması, fen öğretiminde değişim hızı ve kalkülüs temellerinin sezdirilmesine yönelik bir temsil örneğidir (Lobato ve Thanheiser, 2002).

Bu yaklaşım, modern fen eğitimi literatüründe giderek önem kazanan bilimsel modelleme (Schwarz vd., 2009), veri okuryazarlığı (Krajcik ve Merritt, 2012) ve temsiller arası geçiş (Ainsworth, 2006) ilkeleriyle uyumludur. Öğrenciden deney sonuçlarını tabloya aktarması, enerji–zaman grafikleri çizmesi, eğimleri yorumlaması ve enerji dönüşüm diyagramlarını kullanması istenmektedir. Böylece bilgi, Bruner’in (1966) tanımıyla simgesel temsil düzeyinde yapılandırılmaktadır. Bu ünite de matematiksel düşünme yalnızca hesaplama olarak değil, ilişkilerin çoklu temsil biçimleri ile kavranması olarak ele alınmaktadır. Bu durum, fen öğretiminde ölçme ağırlıklı öğretimden modelleme ve veri analizi temelli öğretime geçişin en belirgin örneklerinden biridir.

1984 kitabı, 1954’ün deneysel geleneğini tamamen terk etmese de kavramların artık yalnızca deneyle değil, matematiksel ifade ve formüllerle genellenmesini hedeflemiştir. Örneğin, “20 gram kütleli ve 5 cm^3 hacimli bir cismin yoğunluğunu bulunuz.” sorusu, öğrenciden doğrudan bir cebirsel model kullanmasını beklemektedir. Bu yapı, fen eğitiminde gözleme dayalı öğretimden kavram merkezli ve formül destekli öğretime geçişin erken örneği olarak değerlendirilebilir (Driver, 1989). Yine de 1984 fen bilgisi kitabında veri toplama, grafik oluşturma veya modelleme temelli süreçler sınırlı kalmış; nicel ilişkiler çoğunlukla sözel olarak açıklanmıştır. Bu dönemde fen eğitimi, 1954’ün deneysel-ölçmeye dayalı yaklaşımı ile 2024’ün modelleme ve veri analizi temelli yapısı arasında geçiş niteliğinde bir ara aşamayı temsil etmektedir.

Kodlama bulguları da bu geçiş aşamasını yansıtmaktadır: Ölçme/birim: %26, sayısal/oransal: %24”, cebirsel modelleme: %18 uzamsal temsil: %20 bu oranlar, 1984 yılı ders kitabının 1954’ten farklı olarak “sözel–deneysel temsilden cebirsel soyutlamaya” yönelen bir pedagojik yapı kazandığını göstermektedir.

2024 yılı ders kitabı: veri analizi, modelleme ve temsiller arası bütünlük 2024 ders kitabında Saf madde ve karışımlar başlığı ile ele alınan ünite, önceki dönemlerden farklı olarak

yalnızca deneysel süreçlere değil, veri analizi, grafiksel temsil ve modelleme temelli öğrenmeye odaklanmaktadır. Öğrenciden “Farklı sıcaklıklarda tuzun çözünürlüğünü tabloya yazınız.” veya “Çözelti yoğunluğunun sıcaklıkla değişimini grafiğe aktarınız.” gibi görevler beklenmektedir. Bu tür etkinlikler, fen eğitiminin güncel uluslararası yönelimleri olan veri okuryazarlığı (Krajcik ve Merritt, 2012), bilimsel modelleme (Schwarz vd., 2009) ve temsiller arası dönüşüm (Ainsworth, 2006) gibi bileşenlerle uyumludur.

Ayrıca, veri analizi ve istatistiksel okuryazarlığa verilen önemin artması, fen eğitiminde kanıt temelli argümantasyon sürecinin giderek merkezileştiğini göstermektedir. 2024 yılı kitabı, öğrenciyi pasif bir bilgi alıcısı olmaktan çıkararak; veriyi yorumlayan, modelleyen, eğilimleri analiz eden ve bu analizlerden bilimsel çıkarımlar üreten aktif bir öğrenen olarak konumlandırmaktadır. Bu durum, Bruner’in temsil sistemlerinde en üst düzeyi ifade eden simgesel temsil düzeyinin artık ilişkisel, analitik ve bütüncül bir düşünme yapısıyla yeniden harmanlandığını göstermektedir. Böylece modern fen bilimleri ders kitapları, matematiksel temsilleri 21. yüzyıl becerileriyle bütünleştiren, kavramsal derinliği yüksek bir öğrenme ortamı sunmaktadır.

Bu ünite özellikle cebirsel modelleme (%22) ve veri analizi (%8) kategorilerinin öne çıkması, fen öğretiminde matematiksel düşünmenin hesaplamayı aşarak örüntü keşfi, grafik yorumlama ve değişkenler arası ilişki kurma düzeyine taşındığını göstermektedir. Buna karşılık ölçme ve birim analizi (%16) kategorisindeki azalma, ölçme temelli öğretimin yerini yorumlama ve soyutlama temelli öğrenmeye bıraktığını göstermektedir. Bu dönüşüm, 21. yüzyıl fen eğitimi programlarında vurgulanan veriye dayalı karar verme ve bilimsel sorgulama anlayışıyla uyumludur.

Bu çerçevede 2024 ders, 1954’teki gözleme dayalı öğretim ile 1984’teki formül temelli öğretimin ötesine geçerek çoklu temsil, veri analizi ve modelleme merkezli bir yapıya ulaşmıştır. Böylece 1954–1984–2024 eksenini, su–madde–yoğunluk temasında deneyden modele, gözlemden analize uzanan bir pedagojik evrim ortaya koymaktadır.

1954 Isı ve Isıdan Faydalanma, 1984 Isı, Işık ve Enerji, 2024 Işığın Madde ile Etkileşimi Ünitelerinin İçindekiler Bölümü Karşılaştırması 1954 Ders kitabı ölçme temelli ve deneysel epistemoloji:

1954 yılı ders kitabında yer alan Isı ve Isıdan Faydalanma ünitesi, dönemin fen eğitiminde hâkim olan doğrudan gözleme dayalı deneysel epistemolojiyi açık biçimde yansıtmaktadır. Ünite boyunca “Bir gram suyun sıcaklığını bir derece artırmak için gerekli ısıya kalori denir.” veya “Eşit miktarda su ve alüminyum aynı ısıyı alırsa sıcaklık artışı farklı olur.” gibi ifadeler, öğrencinin öz ısı kavramını deneysel karşılaştırma yoluyla anlamasını hedeflemiştir. Bu yaklaşım, 1950’lerin fen eğitimi anlayışında yaygın olan doğrulayıcı laboratuvar modelinin tipik bir örneğidir (Hodson, 1993). Bilginin kaynağı öğrencinin yaptığı ölçümlerdir; ısı ve sıcaklık arasındaki ilişki sezdirilmekte, ancak matematiksel soyutlama henüz sisteme dahil edilmemektedir.

Analiz bulguları, bu üniteye ölçme ve birim analizi (%32) kategorisinin baskın olduğunu göstermektedir. Termometre okumaları, kalorimetre düzenekleri ve süre ölçümleri yer almakta, fakat bu nicelikler formüller, grafikler veya fonksiyonel ilişkiler aracılığıyla temsil edilmemektedir. Bu durum, 1954 yılı ders kitabı Bruner’in (1966) “eylem temsili ” aşamasında kaldığını göstermektedir; öğrenci bilgiyi nesnelerle doğrudan etkileşim yoluyla edinmektedir. Dolayısıyla ısı kavramı, daha çok deneysel doğrulamanın bir sonucu olarak sunulmakta, matematiksel ilişki kurma süreci yapısal bir hedef hâline gelmemektedir.

1984 ders kitabında: cebirsel temsile geçiş ve ilk sistematik formülleştirme 1984 ders kitabında Isı, Işık ve Enerji Dönüşümü başlığı altında ele alınan içerik, 1954’e kıyasla belirgin biçimde soyutlama düzeyini artırmış ve matematiksel temsilleri öğretimin merkezine yerleştirmiştir. Üniteye eklenen “ $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ formülüyle ısı değişimini hesaplayınız.” yönergesi, fen eğitiminde cebirselleştirme sürecinin ilk sistematik örneklerinden biri olarak değerlendirilmelidir. Böylece ısı-kütle-sıcaklık değişimi ilişkisi ilk kez deneysel gözlemin ötesine taşınmış ve genel bir matematiksel model ile ifade edilmiştir. Bu dönüşüm, 1980’lerde uluslararası fen eğitiminde yaygınlaşan “kavram değişimi ve nicel ilişki kurma” yaklaşımıyla uyumludur (Driver, 1989).

1984 ders kitabında ayrıca “Bir metalin sıcaklığını artırmak için gereken ısı, cismin kütlesiyle doğru orantılıdır.” ifadesi yer almış olup, bu açıklama oransal akıl yürütme (%18–22) kategorisinin belirginleştiğini göstermektedir. Deneysel çizimler hâlâ kullanılmakla birlikte, artık öğrenciden elde ettiği sıcaklık verilerini hesaplama sürecine dönüştürmesi

beklenmektedir. Bu yapı, fen öğretiminin yalnızca gözlem yapmayı değil aynı zamanda matematiksel çıkarım yapmayı da içeren bir düşünme biçimine evrildiğini göstermektedir (McDermott, 1991).

Bu dönemde veriye dayalı görevler ilk kez açık biçimde ortaya çıkmıştır. “Farklı maddelerin ısıyı iletme hızlarını deneyiniz.” ve “Deney sonuçlarınızı tabloya yazınız ve karşılaştırınız.” gibi yönergeler, veri analizi (%6) kategorisinin başlangıç düzeyinde de olsa sisteme dahil olduğunu göstermektedir. Grafiksel temsiller henüz yer almamakla birlikte, tablo temelli karşılaştırmalar, öğrencinin istatistiksel düşünmeye geçişinin erken izleridir. Ayrıca “Zamanla sıcaklık artışı yavaşlamaktadır.” gibi ifadeler, değişim hızı ve kalkülüs temelleri (%6) kategorisine karşılık gelmekte olup, öğrencinin nicel eğilimleri fark etmesini sağlamaktadır.

Bu bütünlük, 1984 ders kitabında, 1954’ün ölçme ağırlıklı yaklaşımı ile 2024’ün modelleme temelli yapısı arasında bir ara epistemolojik aşama konumuna yerleştirmektedir.

2024 ders kitabında: grafiksel temsil, modelleme ve değişim hızı odaklı yaklaşım, 2024 ders kitabında yer alan Işığın Madde ile Etkileşimi ve ısıya ilişkin diğer alt başlıklar, modern fen öğretiminin gerektirdiği şekilde çoklu temsil, grafik yorumlama ve fonksiyonel ilişki kurma becerilerini merkeze almıştır. Öğrencilerden “Grafiğin eğimi sıcaklık artış hızını gösterir.” çıkarımını yapmaları istenmekte, böylece değişim oranı kavramı sezdirilmektedir. Bu yaklaşım, erken yaşlarda kalkülüsün temellerini anlamaya yönelik pedagojik önerilerle uyumludur (Kilpatrick vd., 2001).

2024 ünitesinde öğrenciler, deneylerde elde ettikleri sıcaklık veya parlaklık verilerini tabloya aktarmakta, ardından bu verileri grafik hâline getirip eğilimleri yorumlamaktadır. Bu durum, fen eğitiminde veriye dayalı akıl yürütme, örüntü tanıma ve model kurma süreçlerinin yerleştiğini göstermektedir (2020; Schwarz ark., 2009). Böylece ısı kavramı yalnızca fiziksel bir büyüklük değil, zaman içinde değişen, modellenen ve grafikte temsil edilebilen bir ilişki olarak ele alınmaktadır.

Araştırmamızdan elde edilen bulgular, 1954–1984–2024 çizgisinde epistemolojik bir dönüşümün yaşandığını göstermektedir: 1954: “Ölç ve gözlemle” 1984: “Hesapla ve

doğrula” 2024: “Model kur ve yorumla” olarak bu üç dönemdeki ders kitaplarındaki bilgi dönüşümünü yansıtmaktadır.

Bu değişim, yalnızca yöntemsel değil aynı zamanda bilginin doğasına ilişkin paradigmatik bir dönüşümü temsil etmektedir. Bruner’in (1966) temsil düzeyleri ve NCTM’nin (2020) matematiksel öğrenme ilkeleriyle paralel biçimde, ısı kavramının bilişsel temsili eylemsel düzeyden simgesel ve modelleyici düzeye doğru evrilmiştir.

Fen bilgisi ders kitapları, fen–matematik entegrasyonunun sınıf düzeyinde gerçekleşmesinde temel bir araçtır. Uluslararası araştırmalar, ders kitaplarının kavramsal çerçevenin inşasında merkezi konumda olduğunu ve öğrencilerin fen kavramlarını nicel olarak ifade edebilme becerileri üzerinde doğrudan etkili olduğunu vurgulamaktadır (Fan ve Kaeley, 2000 ; Rezat ve Straesser, 2012). Ainsworth (2008) çoklu temsiller teorisinde, tablo, grafik ve denklem gibi matematiksel temsillerin bilimsel düşünmeyi derinleştirmedeki rolünü açık biçimde ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Lehrer ve Schauble (2006), bilimsel modellemenin öğrencilerin nicel akıl yürütme kapasiteleriyle yakından ilişkili olduğunu; bu nedenle fen öğretim materyallerinin matematiksel temellerinin güçlü olması gerektiğini belirtmektedir.

Bu bağlamda çalışma, Kenan’ın (2022) fen eğitiminde matematiksel modelleme yeterliklerini inceleyen doktora tezinde vurgulanan önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Kenan’ın çalışması, öğretmenlerin modelleme süreçlerinde zorlandıklarını ve bunun nedenlerinden birinin öğrencilerin matematiksel ön bilgi eksiklikleri olduğunu ortaya koymuştur. Uluslararası literatür de bu görüşü desteklemektedir: Kaiser (2017) ile Blum ve Leis (2007), etkili modellemenin hem öğretmen hem de öğrenci düzeyinde güçlü bir matematiksel temel gerektirdiğini; özellikle öğrencilerin ders kitaplarından edindikleri nicel okuryazarlık becerilerinin modelleme başarılarını doğrudan etkilediğini belirtmektedir. Bu nedenle bu araştırmanın ders kitaplarının matematiksel temel yapısını ortaya koyan bulguları, yalnızca içerik analizi düzeyinde değil, öğretmen yeterliliği ve modelleme pedagojisi açısından da somut bir katkı sunmaktadır.

Türkiye bağlamında yapılan önceki çalışmalar (Bulduk, 2014), fen ders kitaplarındaki uygulama temelli etkinliklerin sınırlı olduğunu ve deneysel süreç becerilerinin yeterince desteklenmediğini ortaya koymuştur. Bu araştırma ise bu sınırlılığın yalnızca belirli bir

döneme özgü olmadığını, tarihsel olarak 1954'ten günümüze dek deneysel ölçme temelli içeriklerin giderek azaldığını göstermektedir. Bu durum, fen eğitiminin giderek daha soyut, ilişkilendirmeye dayalı ve matematiksel modellerle açıklanan bir yapıya doğru evrildiğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışma, önceki araştırmalardan farklı olarak, tekil sınıf düzeyleri yerine çok dönemli bir tarihsel dönüşüm ortaya koymakta ve geniş bir zaman aralığında fen eğitiminin epistemik yönelimini analiz etmektedir.

Bu dönüşüm yalnızca Türkiye'ye özgü değildir. Uluslararası araştırmalar, 1990'lardan itibaren fen müfredatlarında veri temelli akıl yürütme, sistem düşüncesi ve matematiksel modelleme becerilerinin giderek daha çok önem kazandığını göstermektedir (NRC, 2012; NCTM, 2020). Örneğin İngiltere, ABD ve Finlandiya gibi ülkelerde yapılan ders kitabı analizleri, fen öğretiminin statik bilgi aktarımından dinamik süreçlerin matematiksel temsiline yöneldiğini ortaya koymuştur (Kwon, 2002; Kulgemeyer ve Schecker, 2014). Bu eğilim, araştırmamızda 2024 fen kitaplarında gözlenen grafik yorumlama, değişim hızı analizi ve modelleme süreçlerinin belirginleşmesiyle büyük ölçüde uyumludur.

Öte yandan, ders kitaplarının öğretmenler açısından “yol gösterici” bir işlev taşıdığı da literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Davis ve Krajcik, 2005). Kasımoğlu'nun (2021) çalışması, Türkiye'de fen bilgisi öğretmenlerinin ders planlamasında ve sınıf içi uygulamalarda kitaplara büyük ölçüde bağımlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle ders kitaplarındaki matematiksel temsillerin niteliği, yalnızca öğrenci başarısını değil, öğretmenlerin pedagojik uygulamalarını da şekillendirmektedir. Bu araştırmanın ortaya koyduğu matematiksel temel analizleri, öğretmenlerin sınıf içi modelleme uygulamalarını destekleyecek bir “altyapı” işlevi görmektedir.

Bu çalışma Türkiye'de fen bilimleri ders kitaplarının matematiksel temellerindeki dönüşümü tarihsel bir perspektifle inceleyerek alan yazına özgün bir katkı sunmaktadır. Bulgular, 1954–2024 döneminde fen eğitiminin deneysel doğrulama ağırlıklı bir yapıdan matematiksel modelleme odaklı bir yapıya geçtiğini göstermekte; bu dönüşümün hem öğrenci hem öğretmen hem de müfredat tasarımı düzeyinde önemli sonuçları olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma, fen eğitiminde disiplinler arası entegrasyonun teoriden uygulamaya aktarılmasında ders kitaplarının kritik rolünü vurgulamakta ve gelecekte yapılacak materyal geliştirme çalışmaları için bilimsel bir temel oluşturmaktadır.

Bu araştırmanın bulguları, fen bilimleri ders kitaplarının matematiksel temellerinde son yetmiş yılda meydana gelen yapısal dönüşümü ortaya koymakta ve bu dönüşümün fen eğitiminin epistemolojik çerçevesini nasıl yeniden şekillendirdiğini göstermektedir. Bulgular özellikle geometrik/uzamsal akıl yürütme ile sayısal oransal akıl yürütme kategorilerinde istikrarlı bir düşünüşe işaret etmektedir.

Uluslararası literatür, fen eğitiminde uzamsal ve görsel temsil biçimlerinin merkezi rolüne dikkat çekmektedir. Örneğin Newcombe (2010), uzamsal akıl yürütmenin fen başarısının güçlü bir yordayıcısı olduğunu; Stieff ve Uttal (2015) ise fen derslerinde uzamsal temsil eksikliğinin öğrencilerin kavramsal anlamasını sınırladığını belirtmektedir. Bu bağlamda, araştırmada tespit edilen uzamsal düşünme unsurlarındaki azalma, Türk fen eğitiminin uluslararası eğilimlerle uyumlu olmayan bir yönde seyrettiğini düşündürmektedir.

1954 yılı ders kitabında uzamsal temsil, dönemin fen öğretimi anlayışıyla uyumlu biçimde büyük ölçüde somut şekillere, yön oklarına ve deney düzeneklerine dayanmakta; öğrencinin fiziksel ortamla kurduğu etkileşim üzerinden kavram oluşturmasını amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, fen öğreniminde somutlaştırmanın önemini vurgulayan klasik pedagojik görüşlerle paralellik göstermektedir (Bruner, 1966). “Cetvelin ağırlık merkezini bulunuz.” gibi yönergeler, öğrencinin cisimlerin denge, moment ve doğrultu ilişkilerini bedensel-kinestetik deneyim yoluyla anlamasını desteklemektedir. Alan yazında da belirtildiği üzere, erken dönem fen öğretiminde mekanik-geometrik temsiller, öğrencinin soyut yapıları kavrayabilmesi için kritik bir araç olarak görülmüştür (Matthews, 2000). Bu bağlamda 1954 kitabı, uzamsal akıl yürütmenin hem çizim hem de deneysel açıklamalarla yoğun biçimde işlendiği güçlü bir temsil örneği sunmaktadır.

1984 Fen Bilgisi Orta 2 ders kitabı, uzamsal temsilleri korusa da 1954 ders kitabına kıyasla daha sade, açıklayıcı ve sınırlı görseller kullanmaktadır. Kitaptaki temsil biçimleri daha çok kuvvet yönleri, ışığın doğrultusu ve basınç dağılımı gibi temel fiziksel ilişkileri betimlemeye yönelmiştir. Bu kullanım, fen eğitiminde görsellerin açıklama üretmekten ziyade kavramın doğrulanmasına hizmet eden destekleyici yapılar olarak ele alındığı döneme işaret etmektedir (Lemke, 1990). Ayrıca, bu dönemde görsellerin hâlâ somut-simgesel geçiş sürecinin bir parçası olduğu, ancak öğrencinin analitik veya vektörel uzamsal düşünmesini

teşvik etmekten uzak bir yapıda sunulduğu görülmektedir. Hegarty'nin (2010) belirttiği üzere, bu tür statik betimlemeler genellikle kavramsal model oluşturmaya sınırlamakta ve öğrenciyi yalnızca gözlem yapmaya yöneltmektedir. Bu nedenle 1984 ders kitabı, uzamsal düşünmeyi bütünüyle terk etmese de onu metnin arka planda işleyen yardımcı bir unsur konumuna yerleştirmiştir.

2024 yılı ders kitabı ise uzamsal temsilleri önemli ölçüde dijitalleştirilmiş ve soyutlaştırılmış görsel araçlar üzerinden sunmaktadır. Bu dönemde ders materyalleri, öğrenci çizimlerini değil, hazır diyagram, grafik ve dijital model yorumlamayı merkeze almıştır. Bu durum, fen eğitiminde çoklu temsillerin işlevsel kullanılmasına ilişkin çağdaş yaklaşımlarla uyumludur (Ainsworth, 2006). Ancak bu dönüşüm, öğrencinin kendi geometrik veya mekânsal üretim yapma gerekliliğini azaltmış; uzamsal düşünme sürecinin “aktif üretim” boyutunu zayıflatmıştır. Uttal ve Cohen'in (2012) vurguladığı gibi, uzamsal becerinin gelişimi, öğrencinin yalnızca görselleri yorumlamasıyla değil; aynı zamanda çizim, dönüştürme ve zihinde canlandırma gibi aktif süreçlerle desteklenmesiyle güçlenmektedir. Güncel kitaplarda bu aktif süreçlerin azalması, uzamsal düşünme oranının düşmesine yol açmaktadır.

1954 ders kitabındaki ayrıntılı düzenek çizimleri taşıma kabı, silindir, terazî, su seviyesi ölçümleri gibi hacim, yoğunluk ve denge ilişkilerinin mekânsal bağlamda doğrudan anlaşılmasını hedeflemekteydi. Bu yaklaşım, Gilbert'in (2010) fen öğretiminde model ve temsil ilişkisi üzerine yaptığı çalışmalarda “somut modelleme” kategorisiyle büyük ölçüde örtüşmektedir. 2024 ders kitabında ise deney düzenekleri soyutlanmış; öğrencinin yalnızca sonuç veya süreç şemalarını yorumlaması beklenmiştir. Bu durum, bilişsel yükün çizim üretmekten görsel okuma düzeyine kaydığına işaret etmektedir. Mayer'in (2014) çoklu ortam öğrenmesi kuramında belirtildiği üzere, öğrenenin pasif alıcı konuma kaydığı temsiller, kavramsal derinleşme açısından sınırlayıcı olabilmektedir.

Araştırmanın en dikkat çekici bulgularından biri, Cebirsel Modelleme ve Fonksiyonel Düşünme kategorisinde gözlenen belirgin artıştır. Bu artış, fen öğretiminde matematiğin yalnızca hesaplama aracı değil, kavramsal açıklamanın temel dili hâline geldiğini göstermektedir. Markwick ve Clark'ın (2016), matematiğin fen kavramlarını soyutlama, genelleme ve nedensel ilişkileri yapılandırma noktasında temel bir bilişsel araç olduğunu

vurgulamıştır. Disiplinler arası matematik–fen entegrasyonunun öğrencilerin analitik düşünme, problem çözme ve bilimsel akıl yürütme becerilerini anlamlı düzeyde geliştirdiğini ortaya koymuştur (Elliott vd., 2001).

Bu bağlamda, mevcut araştırma, ders kitaplarındaki cebirsel yapıların artışının yalnızca kitap yazım tercihleriyle değil, fen eğitiminin epistemik yönelimleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Nitekim Redish ve Kuo (2015), fen öğretiminde matematiksel temsillerin giderek daha merkezi hâle geldiğini ve modern fen eğitiminin "gömülü matematik" üzerine kurulu olduğunu savunmaktadır.

Fen bilimleri ders kitaplarının tarihsel incelemesi, veri analizine verilen önemin farklı dönemlerde belirgin biçimde değiştiğini ortaya koymaktadır. 1954 yılı fen bilgisi ders kitabı, bilimsel süreç becerilerinin henüz yapısal bir bütünlük kazanmadığı bir dönemi temsil etmektedir. Bu ders kitabında öğrencilerden deney sonuçlarını kaydetmeleri beklenmekte; ancak kaydedilen verilerin karşılaştırılması, yorumlanması ya da grafiksel temsillere dönüştürülmesi gibi istatistiksel süreçlere yer verilmemektedir. Bu durum, o dönemin fen öğretiminde verinin yalnızca gözlemsel bir çıktıyı ifade eden yardımcı bir unsur olarak görüldüğünü göstermektedir (Çepni, 2023). Dolayısıyla 1954 ders kitabında istatistiksel düşünme, yok denecek kadar sınırlı düzeyde olup, veri üretimi ile veri analizi arasındaki ayrım öğrencinin lehine geliştirilmemiştir.

Bu döneme ait içeriklerin incelenmesi, veri analizinin yalnızca “tabloya kaydediniz” şeklindeki yüzeysel yönergelerle sınırlandırıldığını ortaya koymaktadır. Nitel gözleme dayanan bu yaklaşımda veri, bilimsel çıkarım yapma sürecinin bir aracı olarak değil, daha çok deneyin sonucunu belgeleme amacıyla kullanılmaktadır. Öğrenciden veriler arasında ilişkiler kurması, değişkenleri karşılaştırması ya da çıkarım yapması beklenmediğinden, veri temelli düşünme süreci etkin biçimde desteklenmemektedir. Bu yaklaşım, fen eğitimi tarihinin erken dönemlerinde yaygın olan içerik aktarımı merkezli anlayışla uyumludur (Lederman, 2007; MEB, 1954).

1984 yılı Fen Bilgisi Orta 2 ders kitabı, veri analizinin fen öğretiminde ilk kez görünür hâle geldiği bir dönüşüm evresini temsil etmektedir. Kitapta yer alan “Deney sonuçlarınızı tabloya yazınız” ve “Sonuçları karşılaştırınız” gibi yönergeler, öğrencilerin veriyi düzenleme ve karşılaştırma süreçlerine dâhil edilmeye başlandığını göstermektedir. Nitekim

bu tür etkinlikler, verinin yapılandırılmış biçimde ele alınmasına yönelik pedagojik ilk adımlar olarak değerlendirilebilir (Harlen, 1999). Bununla birlikte grafik çizimi, istatistiksel hesaplama veya nicel çıkarım gerektiren uygulamaların bulunmaması, veri analizinin bu dönemde hâlâ temel düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Verilerin çoğunlukla sözel ifadeler yoluyla yorumlanması, bilimsel düşünmenin nicel yönünün henüz öğretim sürecine dâhil edilmediğini göstermektedir.

Bu bulgular, 1984 kitabındaki veri analizi yaklaşımının “ön-bilimsel” olarak nitelendirilebileceğini düşündürmektedir. Veri, bilimsel akıl yürütmenin temel bileşeni olarak değil, deney sonucunu destekleyen bir açıklama aracı olarak kullanılmaktadır. Ancak bu sınırlı yapının, fen eğitiminin 2000’li yıllarla birlikte yöneldiği araştırma-sorgulamaya dayalı öğretim modelleri için zemin hazırladığı söylenebilir. Literatür, grafik okuryazarlığı, veri temelli modelleme ve nicel çıkarım gibi becerilerin gelişmesinde tablo ve sözel veri yorumlamaya dayalı erken etkinliklerin kritik rol oynadığını vurgulamaktadır (Batanero vd., 2016; Krajcik ve Blumenfeld, 2006). Bu açıdan bakıldığında 1984 ders kitabı, 2024 yılı öğretim materyallerinde görülen gelişmiş veri analizi etkinliklerinin pedagojik öncülü niteliğindedir.

2024 fen bilimleri ders kitabı ise veri okuryazarlığının çağdaş fen eğitiminin temel bileşeni hâline geldiğini açık biçimde göstermektedir. “Çözünürlük sıcaklıkla nasıl değişir?” etkinliğinde öğrencilerin sıcaklık değişimine bağlı çözünürlük miktarlarını tablo hâline getirmeleri ve bu tablodan eğilim grafiği oluşturmaları istenmektedir (s. 112). Bu süreç, öğrencinin hem nicel veriyle çalışmasını hem de veriyi grafiksel bir temsil biçimine dönüştürerek ilişki kurmasını gerektirmektedir. Alan yazına göre bu tür görevler, öğrencilerin istatistiksel düşünme becerilerinin gelişmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Ben-Zvi ve Garfield, 2004; Konold ve Higgins, 2003).

Ayrıca “Yoğunluk tablosu”, “Tablo 3.1 – Kütle ve Ağırlık Karşılaştırması” ve “Etkinlik Değerlendirme” bölümleri, öğrencilerin kategorik verileri karşılaştırma, tablo okuma ve basit çıkarımlar yapma becerilerini geliştirmeye yöneliktir (s. 80–81). Bu tür etkinliklerin fen öğretiminde yer alması, veri analizinin artık yalnızca destekleyici değil, öğrenme hedeflerinin merkezinde konumlandığını göstermektedir. Güncel literatürde de fen

öğretiminde veri temelli akıl yürütmenin, bilimin doğasının anlaşılması için temel bir bileşen olduğu vurgulanmaktadır (NRC, 2012; Osborne, 2014).

Araştırmanın literatüre en özgün katkılarından biri, değişim hızı ve kalkülüs öncesi kavramların 2000 sonrası ders kitaplarında belirgin şekilde artmasıdır. 1954 döneminde tamamen bulunmayan bu kavramların giderek daha görünür hâle gelmesi, fen öğretiminin statik durum açıklamalarından dinamik süreç analizlerine yöneldiğini göstermektedir. Bu bulgu, çağdaş fen eğitimi literatüründeki süreç temelli öğrenme yaklaşımlarıyla uyumludur. Örneğin diSessa (2018), öğrencilerin fiziksel süreçleri anlamasında "değişim temelli açıklama" yapılarının kritik olduğunu; Thompson (2011) ise fen eğitimi için gerekli matematiksel düşünmenin özünde sürekli değişim kavrayışının bulunduğunu savunmaktadır.

Fen bilimleri ders kitaplarının tarihsel incelemesi, değişim hızı kavramının fen öğretimine dâhil edilme düzeyinin zaman içinde belirgin bir dönüşüm geçirdiğini göstermektedir. 1954 yılı ders kitabında değişim hızı, eğim, oran ya da nicel değişim gibi kavramlara açık bir biçimde rastlanmamaktadır. Bu dönemde fiziksel olaylar çoğunlukla nitel düzeyde açıklanmış; “yüksekten bırakılan cisim” gibi içeriklerde potansiyel fark kavramı örtük biçimde işlenmiş olsa da bu içeriğin değişim–zaman ilişkisine yönelik bir kavrayış oluşturmadığı görülmektedir. Bu durum, 1950’li yılların fen öğretiminin statik, gözlem temelli ve matematiksel düşünme boyutundan uzak bir pedagojik yapıya sahip olduğunu göstermektedir (DeBoer, 1991; Matthews, 2014).

1984 Fen Bilgisi Orta 2 ders kitabı ise değişim fikrinin fen öğretiminde ilk kez görünür hâle geldiği bir geçiş evresini temsil etmektedir. Özellikle ısı ünitesinde yer alan “Zamanla sıcaklık artışı yavaşlamaktadır” gibi nitel ifadeler, fiziksel büyüklüklerin zaman içinde değişebileceğine ilişkin bir farkındalık oluşturmaktadır. Bu tür açıklamalar, herhangi bir eğim hesabı, matematiksel türev ya da grafiksel modelleme içermemekle birlikte, öğrencinin değişimin yönünü ve hızını kavramasına yönelik ilk bilişsel temeli oluşturmaktadır. Literatür, bu tür nitel değişim açıklamalarının, öğrencilerin ileri düzeydeki fonksiyon, eğim ve türev kavramlarını anlamlandırmasına katkı sağlayan erken kavramsal yapılanmalar olduğunu vurgulamaktadır (Thompson, 1994; diSessa, 2008). Dolayısıyla 1984 ders kitabı,

kalkülüsün doğrudan öğretildiği bir içerik sunmasa da değişim kavramını ilk kez sistematik olarak tartışmaya açmış ve öğrenme sürecinde önemli bir eşik işlevi görmüştür.

Bu bağlamda 1984 ders kitabında, fen öğretiminde ilişkisel düşünmenin gelişimine yönelik epistemik bir ara basamak olarak görülebilir. Lehrer ve Schauble (2006), öğrencilerin nicel değişimi anlamaları için önce nitel değişim süreçlerine aşina olmaları gerektiğini belirtir. Bu açıdan değerlendirildiğinde 1984 kitabı, değişimin yalnızca bir durumdan diğerine geçişi değil, zaman içindeki seyrini kavratmaya yönelik açıklamalar içermesi bakımından tarihsel olarak kritik bir konumdadır.

Fen bilimleri öğretiminin 2024 yılı ders kitabına gelindiğinde ise değişim hızı, eğim, oran ve bağımlı–bağımsız değişken kavrayışının açık ve sistematik bir biçimde öğretim sürecine entegre edildiği görülmektedir. “Sıcaklık arttıkça çözünürlük artar.” (s. 111) gibi ifadeler, değişim oranını tanımlayan doğrudan bilimsel ilişkiler sunmaktadır. Yine sıcaklık–zaman ve enerji–ışık şiddeti grafiklerinin yorumlanmasına yönelik etkinliklerde öğrencilerden eğim kavramını sezgisel düzeyde anlamaları beklenmektedir. Grafiklerde bağımsız değişkenin yatay eksen, bağımlı değişkenin dikey eksen vermesi, öğrencinin nicel ilişkileri fonksiyonel düşünme çerçevesinde yorumlamasını desteklemektedir. Bu yapı, değişim oranı kavramının fen öğretiminde yalnızca sezgisel bir unsur olmaktan çıkıp, matematiksel temelli bir düşünme biçimine dönüştüğünü göstermektedir (NRC, 2012; Ainsworth, 2006).

2024 kitabında enerji dönüşümü, salınım hareketi ve konum–hız ilişkisi gibi konuların sunumu da bu eğilimi desteklemektedir. “Salınımın A noktasında potansiyel enerji maksimum, B noktasında minimumdur.” (s.91–92) ifadesi, enerjinin zamana ve konuma göre değişimi fikrini öğrencinin zihninde yapılandırmaktadır. Böylece öğrenci, fiziksel bir büyüklüğün yalnızca statik bir durum değil, belirli bir değişim süreci içinde anlam kazandığını kavramaktadır. Bu yaklaşım, literatürde “dinamik sistem pedagojisi” olarak adlandırılan çağdaş fen öğretim yaklaşımları ile uyumludur (Wilensky ve Resnick, 1999).

Bulgular bütüncül olarak değerlendirildiğinde, fen bilimleri ders kitaplarının 1954–1984–2024 yılları arasında ölçmeye dayalı, statik ve olay merkezli bir epistemeden; ilişkisel, oran–değişim odaklı ve dinamik sistem yaklaşımına dayalı bir epistemeye doğru kademeli biçimde evrildiği görülmektedir. Bu dönüşüm, fen ve matematik disiplinleri arasındaki

tarihsel etkileşimin öğretim materyallerine yansıyan güçlü bir göstergesidir. Tanımlanan kategoriler, 1984 ders kitabında geleneksel deneysel yaklaşım ile çağdaş hesaplama ve modelleme temelli fen öğretimi arasında kritik bir ara basamak oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

1954 ve 2024 yıllarına ait ders kitaplarında matematiksel düşünme kategorilerinin dağılımı, fen öğretiminde yaklaşık yetmiş yıllık süreçte gerçekleşen yapısal ve epistemik dönüşümü açık biçimde ortaya koymaktadır. 1954 ders kitabında toplam kodlamanın büyük bölümü ölçme, birim kullanımı ve boyut analizi (%32) ile geometrik-uzamsal temsillere (%28) ayrılmıştır. Bu durum, dönemin fen eğitimi anlayışının “deneysel betimleme” merkezli yapısını yansıtmaktadır. Nitekim Demir ve Güven (2018), erken Cumhuriyet dönemi fen kitaplarının bilişsel olarak ağırlıklı biçimde gözleme, nicel olmayan betimlemelere ve temel ölçme etkinliklerine dayandığını belirtmektedir.

Bu geleneksel yapı, 2024 fen bilimleri kitabında belirgin bir değişim göstermiştir. Cebirsel modelleme ve fonksiyonel düşünme kategorisinin %10’dan %22’ye yükselmesi, modern fen eğitiminin sembolik temsillere, fonksiyonel ilişkilere ve modelleme süreçlerine daha güçlü vurgu yaptığını göstermektedir. Bu bulgu, Lesh ve Doerr (2003)’ün fen-matematik entegrasyonunda model temelli düşünmenin çağdaş programların merkezine yerleştiğine ilişkin tespitiyle uyumludur. Ayrıca veri analizi ve istatistiksel yorumlamadaki artış (+%6), güncel müfredatın öğrencilerin veri okuryazarlığı ve grafiksel akıl yürütme becerilerini geliştirmeyi hedeflediğine işaret etmektedir.

En dikkat çekici değişim, değişim hızı ve kalkülüs temelleri kategorisinde görülmektedir. 1954 ders kitabında tamamen bulunmayan bu kategori, 2024 ders kitabında %20 oranına yükselmiş ve böylece fen öğretiminde değişim oranı, eğim, dinamik süreçler ve türevsel düşünmenin sezdirilmesine yönelik güçlü bir dönüşüm gerçekleşmiştir. Bu bulgu, Thompson’ın (1994) değişim oranı mantığı olarak tanımladığı kavramın, matematik öğretiminde olduğu kadar fen öğretiminde de kavramsal temel oluşturduğuna ilişkin görüşüyle paralellik göstermektedir. Ayrıca Akgün (2021), güncel fen kitaplarında enerji dönüşümü, hız-zaman grafikleri ve eğim yorumlarının “erken kalkülüs” niteliği taşıyan bilişsel yapıları desteklediğini belirtmektedir.

Bu veriler bir arada değerlendirildiğinde, fen ders kitaplarının 1954'ten 2024'e uzanan süreçte ölçme ve uzamsal temsiller merkezli bir epistemolojiden, modelleme, ilişkisel düşünme, veri okuryazarlığı ve değişim odaklı dinamik bir epistemik yapıya doğru evrildiği görülmektedir. Bu dönüşüm, OECD'nin (2019) bilimsel okuryazarlığı “ilişkisel düşünme, model kurma ve veri temelli gerekçelendirme” olarak tanımlayan çerçevesiyle de örtüşmektedir. Dolayısıyla, nicel sonuçlar ve alan yazın bir arada değerlendirildiğinde, 2024 kitabının fen–matematik entegrasyonunu daha üst düzey bilişsel yapılar üzerinden kurduğu; 1954 kitabının ise temel gözlem, ölçme ve betimlemeye dayalı bir öğretim paradigmasına sahip olduğu açıkça görülmektedir.

1954–2024 karşılaştırması, fen öğretiminin epistemik yapısında deneysel–ölçüm temelli bir anlayıştan kavramsal–ilişkisel bir bilgi örgüsüne doğru gerçekleşen belirgin bir paradigmatik dönüşümü ortaya koymaktadır. 1954 ders kitabında bilgi, büyük ölçüde pozitivist doğruluk anlayışıyla uyumlu biçimde, “ölçülebilirlik” ve “doğrudan gözlem” ilkeleri üzerine kurulmuştur. Fen bilgisi ders kitaplarında bilginin geçerliliği, terazi, metre, dinamometre gibi araçlarla elde edilen sayısal doğrulamalara ve öğrencinin fiziksel düzenekle yaptığı deneye dayanmaktadır. Bu yapı, Ayas'ın (1995) erken dönem fen programlarını “deneysel–ampirik doğrulama” ekseninde tanımlayan bulgularıyla uyumludur. Buna karşılık, 2024 fen bilimleri öğretim materyalleri bilginin doğruluğunu yalnızca ölçülebilirliğe değil, kavramlar arası ilişkilerin tutarlılığına, enerji–iş–kuvvet veya hız–zaman gibi fonksiyonel bağlara dayandırmaktadır. Bu değişim, Linn 'in vd., (2004) “knowledge integration” modelinin çağdaş fen öğretiminde geniş ölçekte karşılık bulduğuna işaret etmektedir.

Bu dönüşümün yapısal sonucu olarak, üç temel epistemik geçiş gözlenmektedir:

Niceliksel doğruluk ve ilişkisel anlamlandırma: 1954 ders kitabında ağırlık ölçme, birim çevirme ve deneysel doğrulama merkezi iken, 2024 ders kitabında enerji–iş–kuvvet ilişkisi, hareket–konum bağıntısı gibi kavram ağları ön plana çıkmıştır. Bu epistemik kayma, diSessa'nın (2014) kavramlar arası bağlantıları bilgi yapısının “çekirdeği” olarak tanımlayan açıklamaları ile uyumludur.

Şekil ve araç yapımı model ve tablo yorumlama: Erken dönem fen öğretiminde araç yapma, basit düzenek çizimi ve şekil betimleme ön plandayken; 2024 kitabında tabloların, grafiklerin, veri eğilimlerinin ve matematiksel modellerin yorumlanması temel bilişsel beklenti hâline gelmiştir. Bu durum, Krajcik ve Merritt'nin (2012) yeni nesil fen programlarında modelleme ve temsiller arası dönüşümün merkezî rolüne dikkat çeken çekmektedir.

Doğrulama deneyleri gözlem ve çıkarım etkinlikleri: 1954'te deney, “doğruluğu kanıtlayan” bir araç olarak konumlanırken, 2024'te deney verisinin yorumlanması, değişkenlerin ilişkisel analiz edilmesi ve çıkarım yapılması beklenmektedir. Duschl (2009) bu geçişi, pozitivist bilgi doğrulama anlayışından “kanıt temelli akıl yürütme” paradigmasına geçiş olarak tanımlamaktadır.

Tüm bu bulgular bir arada değerlendirildiğinde, fen eğitiminin bilgi teorisi yönünden yaşadığı dönüşüm daha da görünür hâle gelmektedir. 1954 ders kitabındaki yaklaşım, pozitivistin etkisini taşıyan, bilginin nesnel ölçüm yoluyla doğrulandığı bir epistemolojik zemine dayanırken; 2024 ders kitabında bilgi, ilişkisel anlam kurma, modelleme ve kanıt dayalı çıkarım süreçleri üzerinden yapılandırılmıştır. Bu perspektif, NRC'nin (2012) bilimsel okuryazarlığı modelleme, veri temelli akıl yürütme ve kavramsal bütünlük üzerinden tanımlayan çerçevesiyle tam uyum içindedir. Dolayısıyla söz konusu dönüşüm yalnızca pedagojik bir güncelleme değil; fen eğitiminin temel bilgi anlayışında gerçekleşen derin bir paradigmatik kaymanın göstergesidir.

1954'te öğrenciden beklenen bilgi türü, büyük ölçüde “ölçüm doğruluğuna dayanmaktadır; yani bilgi, doğru alet kullanımının sağladığı doğrulanabilir nicelik olarak kurgulanmıştır. Buna karşılık 2024 programında beklenen bilişsel performans “enerji dönüşümünü yorumlamak”, “değişkenler arası fonksiyonel bağıntıyı belirlemek” ve “veri eğiliminden çıkarım yapmak” gibi ilişkilendirici ve kavramsal işlemleri kapsamaktadır. Böylece matematiksel temellerin temsil biçimi, araçsal doğruluk odaklı bir yapıdan kavramsal bütünlük ve ilişkisel geçerlilik odaklı bir yapıya dönüşmüştür. Bu sonuç, Disessa'nın (2014) kavramlar arası bağlantıların bilimsel bilginin zihinsel mimarisinde merkezi rol oynadığını vurgulayan açıklamasıyla da uyumludur.

Söz konusu dönüşüm yalnızca pedagojik uygulamalardaki değişimi değil, fen bilgisinin doğasına ilişkin anlayışta gerçekleşen köklü bir epistemolojik farklılaşmayı da ortaya koymaktadır. 1954'te fen bilgisi daha çok pozitivist bir çerçevede, ölçülebilir gerçekliklerin doğrulanması üzerinden inşa edilirken; 2024'te bilgi, ilişkilendirilebilir kavramlardan oluşan bütünleşik bir sistem olarak görülmektedir. Bu yönüyle fen öğretimi, NRC (2012) ve Krajcik ve Merritt'in (2012) tanımladığı modern bilim eğitimi yaklaşımına uygun biçimde, modelleme, veri okuryazarlığı ve değişim temelli düşünmeyi merkeze alan bir epistemik yapıya evrilmiştir. Dolayısıyla analiz edilen üniteler, fen eğitiminde ölçme odaklı bir doğrulama paradigmasından ilişki, yapı ve anlam merkezli çağdaş bir bilgi paradigmasına geçişi açık biçimde belgelemektedir.

Bu kavramların ulusal ders kitaplarında ilk kez sistematik biçimde ortaya konması, literatürde daha önce ayrıntılı olarak ele alınmayan önemli bir dönüşüme ışık tutmaktadır.

Veri analizi ve istatistik kategorisinde gözlenen artış, fen öğretiminde veri okuryazarlığının önem kazandığını göstermektedir. Uluslararası literatürde de benzer bulgular görülmektedir. Wild ve Pfannkuch (1999), bilimsel karar verme süreçlerinde istatistiksel düşünmenin kritik olduğunu; Watson (2006) ise istatistiksel okuryazarlığın fen müfredatlarında hâlâ yetersiz olduğunu belirtmektedir. Bu çerçevede, Türkiye'deki sınırlı artışın, küresel eğilimlerle uyumlu ancak yeterli olmaktan uzak olduğu söylenebilir.

Araştırmanın bulguları, matematiğin fen öğretimindeki merkezi rolüne ilişkin tarihsel ve felsefi yaklaşımlarla da tutarlıdır. Galileo'nun doğanın matematik diliyle yazıldığına ilişkin görüşü (Galilei, 1623/1957), fen bilimleri ders kitaplarındaki matematiksel temelin güçlenmesini epistemolojik açıdan desteklemektedir. Bu dönüşüm, Redish (2005) ve Treagust ve Duit (2008) tarafından savunulan, fen öğretiminde nicel akıl yürütme ve matematiksel temsil temelli epistemolojik yönelimle örtüşmektedir.

Sadak, İncikabı ve Pektaş'ın (2021) Türkiye'deki lisansüstü araştırmaları inceleyen tematik analizine göre, karşılaştırmalı eğitim ve doküman incelemesi yöntemleri özellikle program ve ders kitabı araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak mevcut literatürde karşılaştırmaların çoğu Türkiye ile yüksek başarı gösteren ülkeler (Singapur, Finlandiya, Estonya vb.) arasında yapılmakta olup ulusal tarihsel karşılaştırmalar sınırlı kalmıştır. Bu

çalışma, 1954–1984–2024 dönemlerini karşılaştırarak literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmakta ve Türkiye’nin fen eğitimi tarihindeki epistemik kaymaları görünür kılmaktadır.

Bu yönüyle çalışma, yalnızca mevcut durumu betimlemekle kalmayıp, Sadak’ın vd. (2021) tanımladığı biçimde "iyi uygulama örneklerini belirleme" ve "tarihsel dönüşümü anlama" işlevini yerine getirmektedir. Böylece literatürde sıklıkla sorulan “Ne eksik?” sorusuna ek olarak “Bu eksiklikler hangi pedagojik dönüşüm pahasına ortaya çıkmıştır?” sorusuna da yanıt sunmaktadır.

Gerçekleştirdiğimiz, fen ders kitaplarının matematiksel temellerindeki dönüşümün çok katmanlı bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Uzamsal ve oransal düşünmenin gerilemesi, cebirsel modelleme ve değişim temelli düşünmenin yükselişi ve veri okuryazarlığının sınırlı artışı, Türkiye’de fen eğitiminin epistemik yönelimlerinin değiştiğini göstermektedir. Bu dönüşüm, hem ulusal eğitim sisteminin tarihsel gelişimi hem de uluslararası fen eğitimi literatürüyle etkileşimi çerçevesinde ele alındığında, fen öğretiminin giderek daha matematiksel bir yapıya büründüğünü, ancak bu matematiksel yapının bazı önemli boyutları ihmal etme riski taşıdığını ortaya koymaktadır.

Fen bilimleri ders kitaplarında yer alan matematiksel ifadeler, denklemler ve sembolik gösterimler, fiziksel ve kimyasal süreçler arasındaki ilişkilerin nicel yönünü temsil eden temel araçlardır. Ancak fen eğitimi literatürü, öğrencilerin ve öğretmen adaylarının bu sembolik ifadeleri kavramsal düzeyde anlamlandırmakta önemli güçlükler yaşadığını göstermektedir. Çalış (2018), fen bilgisi öğretmen adaylarının büyük bir bölümünün “denklem”i değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel modeli olarak tanımlayamadığını ve çoğunun formülleri ilişkilendirilmiş nicelikleri anlamlandırmak yerine ezber temelli kullandığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, literatürde uzun süredir tartışılan "formül odaklı fen öğretimi" eleştirisini doğrular niteliktedir (Sherin, 2001; Redish, 2005; Tuminaro ve Redish, 2007). Sherin’e (2001) göre öğrenciler, denklemleri bilimsel anlamlar içeren modeller olarak değil, yalnızca doğru sonuca ulaşmak için manipüle edilmesi gereken sembolik araçlar olarak algılama eğilimindedir.

Bu durum özellikle kimya ve fizik denklemlerinde daha belirgindir. Nurrenbern ve Pickering (1987) ile Talanquer (2006), öğrencilerin kimyasal denklemleri çoğunlukla yüzeysel işlem

adımları olarak gördüğünü; değişkenlerden biri değiştiğinde diğerinin nasıl etkileneceğine ilişkin oransal/ilişkisel çıkarımlar yapamadıklarını göstermiştir. Çalış'ın (2018) bulguları, bu uluslararası araştırmalarla tutarlı biçimde, fen ve matematik arasındaki ilişkisellik kavrayışının ezbere dayalı işlem kültürü içerisinde kaybolduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda, ders kitaplarındaki matematiksel derinliğin 1954'ten 2024'e belirgin biçimde artmış olması, sınıf içi uygulamada matematiksel anlam kurma sorunlarının süregelmesi nedeniyle kritik bir tartışmayı gündeme getirmektedir: Fen kitaplarında sunulan daha karmaşık fonksiyonel ve modelleme temelli içerik, öğrenciler ve öğretmen adayları tarafından ne ölçüde işlenebilir niteliktedir?

Aydın'ın (2011) öğretmen adaylarıyla yaptığı araştırma, bu sorunun yanıtına önemli bir ışık tutmaktadır. Aydın, öğretmen adaylarının birim çevrimleri, oran-orantı, logaritma, üslü ve köklü sayılar gibi fen bilimleri için temel olan matematiksel alanlarda ciddi bilgi eksiklikleri bulunduğunu tespit etmiştir. Bu eksiklikler, Shulman'ın (1986) “pedagojik alan bilgisi” kuramıyla da açıklanabilir: Öğretmen, matematiksel kavram ile fen bağlamı arasındaki epistemik köprüyü kuramadığında, öğrencinin karşılaştığı denklem yalnızca bir “işlem” hâline gelir.

Bu bağlamda, 1954 ve 1984 ders kitaplarında yoğun biçimde yer alan “birim dönüşümü ve aritmetik işlem temelli matematik” yaklaşımı ile Aydın'ın saptadığı temel hata örüntüleri arasında doğrudan bir ilişki kurulabilir. Basit işlemlere dayalı araçsal matematik, derin kavramsal anlayış gerektirmediği için öğretmen adaylarında yüzeysel bir yeterlik izlenimi yaratmış olabilir. Dolayısıyla, 2024 ders kitabında bu işlemlerin yerine fonksiyonel düşünme, soyut modeller, grafiksel temsil ve veri analizinin gelmesi, ders kitabı yazarlarının bu tarihsel yapısal sorunu aşmaya yönelik stratejik bir tercih olarak değerlendirilebilir.

1954 ders kitabında suyun fiziksel özelliklerine ilişkin içerik, büyük ölçüde ölçme doğruluğu, gözlemsel kesinlik ve deney düzeneklerinin doğru kullanımı etrafında yapılandırılmıştır. Bu dönemde öğrenciden beklenen temel yeterlik, “bilimsel verinin güvenilirliğini sağlama” dır; yani bilgi, aracın doğru kullanımı ve ölçümün hassasiyeti ile doğrulanır (Aydın, 2014). Nitekim dönemin fen eğitimi literatürü de bilginin deneysel yolla doğrulanmasını merkeze alan pozitivist bir yaklaşımın hâkim olduğunu göstermektedir

(Matthews, 1994). Buna karşılık 2024 ders kitabında bilgi, ölçüm doğruluğundan çok, değişkenler arası ilişkilerin kurulması yoluyla anlamlandırılmakta; yoğunluk, sıcaklık ve çözünürlük gibi nicelikler bağımlı–bağımsız değişken ilişkisi içinde modellenmektedir. Bu yaklaşım, çağdaş fen eğitiminin temelini oluşturan model-temelli açıklama anlayışıyla uyumludur (Windschitl, vd., 2008).

Bu dönüşüm, fen öğretiminde yalnızca pedagojik bir değişimi değil, aynı zamanda epistemolojik bir yeniden yapılanmayı da temsil etmektedir. 1954 kitabında bilgi, gözlemsel ve doğrulayıcıdır; öğrenci dış dünyadaki olguları ölçerek ve kaydederek bilginin doğruluğunu ortaya koyar. 1984 ders kitabında ise bilgi “formül ve ilişki kurma” düzeyine evrilmiş; öğrenciden fiziksel büyüklükler arasındaki nicel ilişkileri tanımlaması ve karşılaştırması beklenmiştir. 2024 ders kitabında ise bilgi, ilişkisel ve açıklayıcı bir yapıya kavuşmuş; kavramlar, veri modelleri ve değişim süreçleri birbiriyle ağ oluşturur biçimde sunulmuştur. Bu üçlü dönüşüm, fen öğrenmesinin doğasına ilişkin derin bir paradigmatik kaymayı göstermektedir.

Bu yapı, Piaget’nin (1970) “soyut işlemler dönemi” ile de uyumludur. Çünkü 2024 programında öğrenci, nicel değişkenler arasındaki ilişkileri zihinsel olarak temsil edebilmekte, grafik yorumlayabilmekte ve değişim oranına ilişkin çıkarım yapabilmektedir. Bu düzeyde anlam kurma, Bruner’in (1966) tanımladığı “sembolik temsil aşaması”nın tipik bir örneğidir: grafikler, tablolar, fonksiyonel gösterimler ve kavramsal modeller artık anlamın birincil taşıyıcılarıdır. Böylece öğrencinin rolü, 1954’te olduğu gibi “ölçen ve doğrulayan” bir konumdan çıkarak “yorumlayan, ilişkilendiren ve açıklayan” bir konuma evrilmiştir.

1954 ders kitabında, fen öğrenmesini esas olarak bilimsel araç kullanımı ve deneysel kesinlik üzerinden tanımlarken; 2024 ders kitabında, model oluşturma, ilişkisel düşünme ve kavramsal bütünlük odaklı bir yaklaşım benimsemektedir. Bu yönelimin kökeni 1984 ders kitabında görülsede, o dönemde öğretim hâlâ “deneysel doğrulama” ekseninde kurgulanmış; değişkenler arası ilişki kurma yalnızca formül düzeyinde sınırlı kalmıştır. Nitekim Doğan (2002) ve Kırkıç (2019) gibi araştırmacılar, 1980’li yılların fen öğretiminde kavram gelişiminin geride, deneysel doğrulama yaklaşımının ise baskın olduğunu vurgulamaktadır.

Sonuç olarak bu tarihsel süreç, fen eğitiminde araç-merkezli epistemolojiden model-merkezli epistemolojiye geçişi ortaya koymakta; bilgi anlayışı, gözlemsel doğruluk ilkesinden kavramsal ilişkisellik ilkesine doğru derin bir dönüşüm geçirmektedir. Bu dönüşüm yalnızca program değişikliğinin değil, fen öğretiminde bilginin doğasına ilişkin anlayışın köklü bir biçimde yeniden tanımlanmasının ürünüdür.

Fen öğretim materyallerine ilişkin yapılan dönemsel karşılaştırma, matematiksel temellerin yaklaşık yetmiş yıllık süreçte belirgin bir şekilde ölçme–oran merkezli bir yapıdan veri–iliski merkezli bir yapıya evrildiğini göstermektedir. 1954 ders kitabında öğrencinin epistemik rolü ağırlıklı olarak “ölçen ve gözlemleyen” bir konumda tanımlanmış; bilgi, büyük ölçüde nicel doğrulama ve ampirik bulguların tutarlılığı üzerinden inşa edilmiştir. Bu yaklaşım, erken dönem fen öğretiminin ampirik doğrulama paradigmasını vurgulayan Ayas (1995) gibi araştırmacıların betimlemeleriyle uyumludur. Söz konusu dönemde öğrencinin bilişsel etkinliği, fiziksel nicelikleri doğru ölçme, sonuçları kaydetme ve basit karşılaştırmalar yapma düzeyiyle sınırlı kalmış; matematiksel düşünme temel olarak nicel doğruluk üretmenin bir aracı olarak konumlandırılmıştır.

1984 ders kitabına gelindiğinde ise fen öğretim materyallerinin zihinsel süreçlere yüklediği beklentilerin genişlediği görülmektedir. Bu dönemde öğrenciden beklenen bilişsel roller yalnızca deneysel doğrulamayla sınırlı olmayıp; değişkenler arası ilişkilere dikkat etme, basit fonksiyonel bağları fark etme ve formül kullanımını içeren daha soyut düşünme biçimlerini kapsayacak şekilde genişlemiştir. Bu paradigma değişikliği, Karplus ve Thier’in (1967) tanımladığı ileri akıl yürütme aşamalarının fen öğretimi programlarına kademeli biçimde dâhil edildiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla 1980’ler, fen öğretiminde matematiksel yapının yalnızca ölçme doğruluğu sağlayan bir araç olmaktan çıkarak, ilişki kurmaya dayalı bir anlama sürecinin aracısı hâline geldiği bir geçiş dönemi olarak nitelendirilebilir.

2024 ders kitabı incelendiğinde ise öğrencinin epistemik rolünün çok daha bütüncül bir çerçevede yeniden tanımlandığı görülmektedir. Bu dönemde öğrenci, sadece ilişki kuran değil aynı zamanda veri yorumlayan, model seçen ve model–veri uyumunu değerlendiren bir özne olarak konumlandırılmaktadır. Özellikle madde ve su konularında öne çıkan niceliksel düşünme biçimi, artık deneysel doğruluğun sağlanmasıyla değil; bilimsel

modellerin geçerliliğinin veri üzerinden sorgulanmasıyla şekillenmektedir. Bu yaklaşım, çağdaş fen eğitimi literatüründe bilimsel bilginin “yorumlayıcı ve modelleme temelli” bir yapıya sahip olduğunu vurgulayan NRC (2012) ile Linn, Eylon ve Davis’in (2015) kuramsal çerçevesiyle örtüşmektedir. Bununla birlikte, veri merkezli düşünme biçiminin yükselişi Ainley ve Pratt’ın (2019) disiplinler arası düzeyde önem kazandığını belirttikleri istatistiksel ve fonksiyonel düşünme becerilerinin fen eğitimindeki konumunun güçlendiğini göstermektedir.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, fen öğretiminin tarihsel gelişimi yalnızca pedagojik bir dönüşüm değil, aynı zamanda derin bir epistemolojik yeniden yapılanma niteliği taşımaktadır. 1954’te hâkim olan “ölçme doğruluğu paradigması”, 1984’te “ilişkisel akıl yürütme paradigması” ile genişlemiş; 2024 itibarıyla ise “model geçerliliği ve veri uyumluluğu paradigmasına” dönüşmüştür. Bu dönüşüm, fen eğitiminde matematiksel temellerin işlevsel derinliğinin arttığını, matematiğin fen derslerinde yalnızca hesaplama aracı olmanın ötesine geçerek, bilimsel düşünmenin bilişsel çekirdeğini oluşturan bir yapı kurma mekanizmasına dönüştüğünü göstermektedir. Böylece disiplinler arası kavramsal bütünlük güçlenmiş, öğrencinin epistemik rolü daha üst düzey zihinsel etkinliklerle tanımlanan bir yapıya evrilmiştir.

Sayısal ve oransal akıl yürütme kategorisinde gözlenen -4 puanlık değişim, 1954 ders kitabında oldukça baskın olan doğrudan oran-orantı uygulamalarının 1984’te daha çok cebirsel gösterimlerle desteklendiğini göstermektedir.

Ölçme ve birim/boyut analizindeki -4 puanlık düşüş, deneysel sürecin önemini korumakla birlikte, artık tek başına bilgi üretiminin merkezi olmaktan çıktığını göstermektedir. Nitekim Ayas (1995) ve Osborne (2014), 1980 sonrasında fen eğitiminin yalnızca araç kullanımına değil, bu araçların ürettiği verilerin anlamlandırılmasına yöneldiğini belirtmektedir. Bu dönemde ölçme hâlen baskındır; ancak daha sistematik açıklamalar ve değişken kontrolü gibi mühendislik içeren düşünme unsurlarıyla desteklenmiştir.

Cebirsel modellemede gözlenen +4 puanlık artış, 1984 ders kitabı epistemolojik bir kırılma noktası hâline getirmektedir. Bu ders kitabında ilk kez $F=m.a$, $P=F/A$ gibi formüllerin sistematik açıklamalarla ve problem bağlamlarıyla sunulması, Karplus ve Thier’in (1967) “formal akıl yürütme aşaması” ile ilişkili soyutlama düzeyinin fen kitaplarına yansıdığını

göstermektedir. Bu değişim, fen öğretiminin artık yalnızca deneysel doğrulama değil, ilişkisel bağıntı kurma odaklı ilerlediğinin ampirik kanıtıdır.

Veri analizi kategorisindeki +4 puanlık artış, 1984 ders kitabında ilk kez tablo, basit grafik ve veri karşılaştırma uygulamalarının yer aldığını göstermektedir. Bu durum, Pratt ve Ainley'in (2019) veriye dayalı düşünmenin fen okuryazarlığının temel bileşenine dönüştüğüne ilişkin bulgularıyla örtüşmektedir. Böylece 1984 ders kitabında, veri yorumlama kültürünün fen öğretimine giriş yaptığı ilk dönemlerden biri olarak değerlendirilebilir.

En dikkat çekici değişimlerden biri olan değişim hızı ve kalkülüs temellerindeki +6 puanlık yükseliş, 1984 ders kitabında “zamanla değişim”, “artma–azalma”, “ısıtıldıkça/süre arttıkça değişen nicelikler” gibi ifadelerin ilk kez sistematik biçimde yer aldığını göstermektedir. Bu, fen eğitiminde kalkülüs temelli düşünme biçimlerinin (eğim sezgisi, değişim oranı, doğrusal olmayan süreçler) erken bir prototipi olarak değerlendirilebilir. Thompson (1994) ile Carlson ve arkadaşları (2003), fen bağlamı oran ve değişim düşünmenin, kalkülüs kavramlarının sezgisel önkoşulu olduğunu vurgulamaktadır; 1984 ders kitabı bu epistemik yapının ders kitaplarına ilk yansımasıdır.

Sonuç olarak, 1954–1984 arasındaki Δ_1 değişimleri, fen kitaplarının “alet ve ölçüm temelli epistemolojiden”, giderek “ilişki, model ve değişim temelli bir epistemolojiye” geçtiğinin sayısal kanıtını sunmaktadır. 1984 ders kitabı bu anlamda yalnızca pedagojik bir ara basamak değil; disiplinin epistemik yönelimini değiştiren bir geçiş metni niteliği taşımaktadır.

Bu veriler, 1984 ders kitabının deneysel epistemolojiden cebirsel epistemolojiye geçiş sürecini temsil ettiğini ortaya koymaktadır. Yani bilgi artık yalnızca “ölçülen bir büyüklük” olarak değil, ilişki kurulabilen bir değişken olarak kavramsallaştırılmaktadır

Bu tema, hareket, iş, kuvvet ve enerji kavramlarının üç farklı dönemdeki (1954, 1984 ve 2024) temsillerini karşılaştırarak fen öğretiminde matematiksel yapılandırmanın nasıl dönüşüme uğradığını ortaya koymaktadır. 1954 ders kitabında enerji kavramı, öğrencinin doğrudan gözlemleyebileceği fiziksel olaylara dayalı olarak işlenmiş ve yay germe, ağırlık

karşılaştırma gibi etkinliklere yer verilmiştir. Bu dönem, fen eğitiminde somut deneyim ve ölçme temelli öğretim anlayışının hâkim olduğu bir yapıyı temsil etmektedir. Öğrenmenin, öğrencinin çevredeki fiziksel etkileri gözlemlemesiyle gerçekleştiğini savunan bu yaklaşım, Bruner'in (1966) tanımladığı eylem temsili düzeyiyle uyumludur. Kavramlar, formel modellerle değil, deneysel etkinliklerin doğrudan sonuçlarıyla açıklanmıştır.

1954 yılındaki Tabiat Kuvvetleri ve biz bölümünde kuvvet kavramı, büyük ölçüde öğrencinin günlük yaşantısından alınmış örneklerle betimlenmiştir. “Bir cismin ağırlığı kütlesiyle doğru orantılıdır.” gibi ifadeler, ölçme ve karşılaştırmaya dayalı nicel ilişkileri tanıtmayı amaçlamaktadır. Newton’u mekanik yasalarının kavramsal temelleri açık biçimde sunulmamış; bunun yerine bilimsel bilgiyi öğrencinin doğrudan deneyimlediği olaylarla ilişkilendirme hedeflenmiştir. Bu dönemin pedagojik yaklaşımı, fen bilimlerinde erken dönem programların “ölçme ve gözleme dayalı betimleyici fen eğitimi” yapısıyla tutarlıdır (DeBoer, 1991; Matthews, 2014). Kuvvetin yönü, bileşenleri veya vektörel özellikleri çizimlerle modellenmemiş, açıklamalar çoğunlukla sözel düzeyde bırakılmıştır. Bu durum, fen öğretiminde matematiksel soyutlamanın henüz sistematik olarak yerleşmediğini göstermektedir.

1984 ders kitabı, önceki döneme kıyasla belirgin bir dönüşüm noktası niteliğindedir. Bu ders kitabında hem deneysel etkinliklere hem de cebirsel temsillere yer verilerek iki yaklaşım bir arada sunulmuştur. Ünite “Kuvvet bir cisme etki ettiğinde onun hareketini değiştirebilir.” açıklamasıyla deneysel gözlem hâlâ korunurken, hemen ardından verilen “İş = Kuvvet × Yol” eşitliği, fen öğretiminde ilk sistematik cebirsel modelleme örneklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Öğrenciden “10 N’luk bir kuvvet 2 m yol boyunca etkide bulunuyorsa yapılan işi hesaplayınız.” gibi alıştırmaları çözmesi istenmiş, böylece nicel hesaplama gerektiren problem çözme becerileri yapılandırılmıştır.

Bu tür görevler, fen eğitiminde 1970’lerden itibaren güçlenen nicel problem çözme ve formül temelli fizik öğretimi geleneğinin Türkiye yansımalarından biridir (Hewitt, 1983; McDermott, 1991). Bununla birlikte enerji hâlâ “yapılan işin bir türü” olarak tanımlanmış; enerji dönüşümü veya korunumu gibi sistem düşüncesine dayalı kavramlar henüz programa dahil edilmemiştir. Görsel temsiller basit oklarla sınırlı kalmış, vektör kavramları veya

fonksiyonel grafikler kullanılmamıştır. Bu dönemin yapısı, fen öğretiminde deneysel temelden simgesel temsile geçişin henüz başlangıç aşamasında olduğunu göstermektedir.

1954 ders kitabındaki Su ve Etkileri ünitesi, Archimedes ilkesi, kaldırma kuvveti ve sıvı basıncı gibi temel kavramları öğrencinin doğrudan deneyimleyebileceği etkinlikler yoluyla öğretmeyi amaçlamıştır. “Dereceli silindirdeki suyun seviyesini okuyunuz.” veya “Taşın hacmini ölçerek suyun kaldırma kuvvetini bulunuz.” gibi yönergeler, dönemin fen eğitiminde deneysel ölçüm ve doğrudan gözlem temelli pedagojik yaklaşımın baskın olduğunu göstermektedir. Bu yapı, fen eğitiminin 20. yüzyıl ortasında Avrupa ve ABD’de egemen olan betimleyici ve doğrulayıcı laboratuvar modeli ile uyumludur (Hodson, 1993; Matthews, 2014). Öğrencinin bilgiyi deneysel süreçler yoluyla keşfetmesi beklenmek yerine, temel ilişkileri ölçüm ve karşılaştırma yoluyla doğrulaması amaçlanmıştır.

Matematiksel açıdan değerlendirildiğinde, 1954 ünitesi özellikle ölçme ve birim analizi (%32) ile uzamsal akıl yürütme (%28) kategorilerinin baskın olduğu bir içerik sunmaktadır. Ölçüm düzeneğinin tanımlanması, hacim belirleme, sıvı derinliğinin okunması ve su seviyesindeki değişimlerin karşılaştırılması gibi etkinlikler, öğrencinin nicel doğrulama yapmasını desteklemiştir. Bu yaklaşım, fen eğitiminde temel bilimsel süreç becerileri (Germann, vd., 1996) olarak bilinen gözlem, ölçme ve sınıflama gibi becerilerin merkeze alındığı bir eğitim anlayışını yansıtmaktadır. Ancak 1954 metinlerinde veri kaydı, tablo oluşturma veya grafiksel temsil gibi istatistiksel ve modelleyici süreçler yer almamaktadır; bu da matematiksel soyutlamanın henüz sistematik biçimde yapılandırılmadığını göstermektedir.

1984 ders kitabında Madde, Su ve Basınç ünitesi, 1954’e kıyasla hem içerik düzeni hem de matematiksel temsiller açısından daha sistematik bir yapıya sahiptir. Ünite “Basınç derinlikle artar.” ve “Yoğunluk $d = m/V$ ile hesaplanır.” gibi ifadelerin yer alması, fen öğretiminde matematiksel ilişkilendirme ve cebirsel formülleştirme eğiliminin belirgin biçimde güçlendiğini göstermektedir. Bu dönemde sayısal akıl yürütme (%24) ve cebirsel modelleme (%14) kategorilerinin artması, 1980’lerde fen öğretim programlarında görülen genel yönelime paraleldir. Nitekim bu yıllarda fen eğitimi, öğrencilerin sadece gözlem yapmasını değil, nicel ilişkileri anlamasını amaçlayan hesaplamaya dayalı fizik öğretimi yaklaşımına yönelmiştir (Hewson 1983; McDermott, 1991).

Fen eğitiminin tarihsel gelişimi incelendiğinde, farklı dönemlerin öğretim materyallerinin yalnızca içerik bakımından değil, aynı zamanda dayandığı epistemolojik anlayış açısından da önemli farklılıklar taşıdığı görülmektedir. 1984 yılı fen öğretimi, 1970’lerin sonundaki program modernizasyonlarının ve 1980 sonrası müfredat sadeleştirme politikalarının bir yansımasıdır. Bu dönemde fen öğretimi hâlâ ağırlıklı olarak “gözlem–ölçüm–doğrulama” eksenine dayansa da, öğretim materyallerinde öğrencinin nicel ilişkiler kurmasını destekleyen ilk cebirsel ifadelerin belirtmeye başladığı dikkat çekmektedir. Bu yönelim, dönemin politika belgelerinde fen ve matematik arasındaki ilişkinin güçlendirilmesi gerektiğine yapılan vurgu ile de tutarlıdır (MEB, 1983).

1960’lardan itibaren yapılandırmacı öğrenme kuramlarının etkisiyle fen bilgisinin yalnızca deneysel doğrulama süreciyle edinilemeyeceği; öğrencinin ilişkisel düşünme, temsiller arası dönüşüm ve model kurma süreçlerini de içeren daha karmaşık bilişsel yapılara ihtiyaç duyduğu vurgulanmıştır (Driver ve Erickson, ; 1983 Karplus, 1977).

1954’ten 2024’e uzanan çizgi, fen eğitiminin bilgi üretme biçiminde deneysel epistemolojiden kavramsal-model temelli epistemolojiye geçişini ifade eder. 1954’te fen, daha çok fiziksel büyüklüklerin ölçülmesi ve doğrulanması üzerine kurulurken, 2024 programı öğrenciden modeller, temsiller, veri yorumlama ve oransal düşünme becerileri geliştirmesini beklemektedir. Bu dönüşüm, “ölç ve doğrula” paradigmasından “ilişkilendir ve yorumla” paradigmasına geçişi temsil etmektedir (Duschl, 2009; NCTM,2020; Osborne, 2014).

Bu çerçevede, 1984 dönemi kritik bir ara aşama niteliğindedir. Bu dönem, 1954’ün gözlemci ve ölçüm odaklı öğrencisini “hesaplayan öğrenci” profiline dönüştürürken; 2024’ün çok daha gelişmiş “yorumlayan ve modelleyen öğrenci” yaklaşımının altyapısını hazırlamıştır. Özellikle MAXQDA analizlerinde görülen cebirsel modelleme ve veri tabanlı akıl yürütmenin ilk izleri, fen bilgisindeki epistemik değişimin 1980’lerde başlamış olduğunu göstermektedir. Bu durum, literatürde sıkça vurgulanan “fen bilimlerinde matematiksel temsillerin bilişsel işlevine ilişkin bulgularla da uyumludur (Lesh ve Doerr, 2003; Schwarz ve White, 2005).

1984 ders kitabındaki içerik, fen öğretiminin giderek daha fazla matematiksel bir dil gerektirdiğini, ancak bu dilin henüz tam olarak bütünleştirilmediğini gösteren ara bir konumda bulunmaktadır. Araştırmalar, bu yıllardaki fen kitaplarının matematiksel ifadeler içerdiğini ancak çoğunlukla işlem odaklı sorularla sınırlı kaldığını; kavramsal genelleme ve model kurma becerilerinin ise yeterince desteklenmediğini ortaya koymaktadır (Açıkgöz, 1992).

Modern fen eğitimi anlayışında ise matematiksel temsiller yalnızca yardımcı bir araç değil, anlam kurmanın kendisi hâline gelmiştir. Bruner'in (1966) temsil sistemleri kuramı, öğrencinin fenomenleri sembolik düzeyde ifade etmesinin kavramsal gelişimin temel koşulu olduğunu ileri sürerken; güncel NCTM (2020) standartları bilimsel düşünmenin ve fen okuryazarlığının giderek daha fazla çoklu temsil, oransal akıl yürütme ve veri yorumlama üzerine kurulduğunu belirtmektedir. Bu kuramsal çerçeve, 2024 fen kitaplarında görülen grafik okuma, veri analizi ve ilişkisel akıl yürütme etkinliklerinin programın merkezine taşınmasının temel nedenini oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, fen eğitiminin üç dönemlik karşılaştırması, yalnızca yöntemsel bir değişimi değil, fen bilgisinin doğasına ilişkin epistemolojik bir yeniden konumlanmayı ortaya koymaktadır. 1984 ders kitabı, 1954'ün deneysel gözlemciliği ile 2024'ün model temelli yorumlayıcılığı arasında bir geçiş evresi oluşturmakta; fen öğretimini salt ölçmeye dayalı bir etkinlik olmaktan çıkarıp, ilişkisel düşünmenin ve kavramsal temsillerin giderek daha fazla önem kazandığı bir yapıya dönüştürmektedir.

Ancak uluslararası literatür, bu dönüşümün uygulama boyutunda yeni güçlükler yaratabileceğine işaret etmektedir. Örneğin: Planinic (2010), öğretmen adaylarının fiziksel nicelikler arasındaki fonksiyonel ilişkileri anlamada zorluk yaşadığını, denklemleri yalnızca “hesaplama araçları” olarak gördüğünü rapor etmiştir.

Bing ve Redish (2009), öğrencilerin matematiksel sembolleri bağlamdan kopuk yorumladıklarını ve fen problemlerinde “matematiksel mantığı fiziksel mantıktan ayıramadıklarını” göstermiştir.

Bu uluslararası bulgular, Aydın (2011) ve Çalış (2018) araştırmalarıyla birlikte düşünüldüğünde, ders kitaplarının matematiksel derinlik artışının sahada karşılık bulması için öğretmen eğitiminin stratejik bir odak olması gerektiğini göstermektedir.

Bu bulgu, uluslararası literatürde sıkça disiplinler arası kronolojik uyumsuzluk olarak adlandırılan soruna karşılık gelmektedir. Örneğin: Adams ve Wieman (2015), fizik derslerinde öğrencilerin fonksiyonel ilişkileri anlamakta zorlanmasının temel nedenlerinden birinin matematik dersi ile fen dersi arasındaki kronolojik uyumsuzluk olduğunu savunmuştur. Berlin ve White (2012), fen-matematik entegrasyonunun ancak disiplinler arası müfredat senkronizasyonu sağlandığında etkili olabileceğini belirtmiştir.

Dolayısıyla, 2024 ders kitabında yer alan enerji modelleri, soyut grafikler ve fonksiyonel ilişkiler, matematik öğretim programı ile eşgüdümlü bir yapı oluşturmadığı sürece öğretmenlerin üzerine ek yük bindirme potansiyeli taşımaktadır.

Uluslararası araştırmalar, matematiğin fen öğretiminde stratejik bir araç olduğunu güçlü biçimde vurgulamaktadır. Lemke (1990), fen öğreniminin “çoklu temsil sistemlerinin koordinasyonu” üzerine kurulu olduğunu savunur. Duit ve Treagust (2003), fen öğretiminin epistemik yapısının matematiksel modeller olmadan tamamlanamayacağını belirtir. Ainsworth (2006), çoklu temsillerin (denklemler, grafikler, modeller) koordinasyonunun bilimsel anlam oluşturma süreçlerinin merkezinde olduğunu göstermiştir.

Bu bağlamda, Alak’ın (2010) öğretmen görüşlerinden elde ettiği “matematiğin fen başarısı için vazgeçilmez bir unsur olduğu” bulgusu, uluslararası literatürle güçlü bir uyum içerisindedir.

Mevcut çalışmanın 2024 ders kitabında saptadığı fonksiyonel düşünme, veri analizi ve soyut modellerle derinleştirilmiş matematiksel entegrasyon, Alak’ın (2010) vurguladığı “fenin mesleki eğitime temel oluşturacak düzeyde matematiksel olgunluk gerektirdiği” görüşüyle de örtüşmektedir. Ancak öğretmenlerin matematiksel alan bilgisi güçlendirilmediği sürece, bu entegrasyonun sınıf uygulamalarında istenen etkiyi yaratması zor görünmektedir.

Sadak, İncikabı ve Pektaş'ın (2021) tematik analizinde, Türkiye'deki lisansüstü tezlerin çoğunun uluslararası karşılaştırmalara odaklandığı; ulusal tarihsel karşılaştırmaların ise oldukça sınırlı olduğu saptanmıştır. Bu çalışma ise ulusal bağlamdaki 1954–1984–2024 ders kitaplarını karşılaştırarak literatürdeki bu boşluğu doldurmakta ve Türkiye'nin fen eğitimi tarihindeki epistemolojik dönüşümü belgelendirmektedir. Bu yönüyle, uluslararası literatürde Almanya (Leisen, 2010), Finlandiya (Lavonen et al., 2005) gibi ülkelerde yürütülen tarihsel ders kitabı incelemeleriyle yöntemsel olarak aynı çizgide konumlanmaktadır.

Bu araştırmanın bulguları, fen bilimleri ders kitaplarının matematiksel dokusunun 70 yıllık süreçte araçsal aritmetikten soyut modellemeye doğru sistematik bir evrim geçirdiğini göstermektedir. Ancak literatür, matematiksel içeriğin derinleşmesinin tek başına fen öğrenimini geliştirmeye yetmediğini; anlamlı bir öğrenmenin gerçekleşmesi için:

Öğretmenlerin matematiksel alan bilgisinin güçlendirilmesi (Hill vd 2008), fen ve matematik müfredatlarının senkronize edilmesi (Berlin ve White, 2012), sınıf içi örneklerin çoklu temsillerle desteklenmesi (Ainsworth, 2006), öğrencilerin işlemci yaklaşımdan ilişkisel düşünmeye yönlendirilmesi (Skemp, 1976) gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmada fen bilimleri ders kitaplarının 1954–2024 yılları arasındaki matematiksel dönüşümü incelenmiş ve elde edilen bulgular disiplinler arası fen–matematik entegrasyonu literatürü ışığında tartışılmıştır. Bulgular genel olarak ders kitaplarının zaman içinde “aritmetik işlem odaklı” bir yapıdan “analitik, ilişkisel ve modelleme temelli” bir yapıya doğru evrildiğini göstermiştir. Bu evrim, ulusal ve uluslararası literatürle tutarlı biçimde, modern fen eğitiminin matematiksel düşünme becerilerine dayalı yapısının ders kitaplarına yansıdığını ortaya koymaktadır (Ainsworth, 2006; Lesh ve Doerr, 2003; Redish, 2005).

Alak'ın (2010) çalışması, fen kitaplarındaki matematiksel içeriğin artmasının tek başına öğrencilerin bilişsel gelişimini garanti etmediğini göstermektedir. Benzer biçimde Shulman'ın (1986) pedagojik alan bilgisi kuramına göre, öğretmenler gerekli matematiksel alan bilgisine sahip olmadıkça, ders kitaplarındaki matematiksel derinlik sınıf içi öğrenmeye yansımamaktadır. Uluslararası çalışmalar da bu görüşü desteklemektedir. Örneğin, Planinic (2010), öğretmen adaylarının fiziksel nicelikler arasındaki fonksiyonel ilişkileri anlamakta

zorlandığını, Bing ve Redish (2009), öğrencilerin matematiksel sembolleri bağlamdan kopuk yorumladığını, Sherin (2001), öğrencilerin denklemleri “anlam taşıyan modeller” yerine “işlem araçları” olarak gördüğünü ortaya koymuştur.

Bu bağlamda, ders kitaplarının 1954’ten 2024’e giderek daha matematiksel hâle gelmesi, ancak öğrenci ve öğretmenlerin matematiksel yeterliklerinin aynı hızla gelişmemesi, fen eğitiminde beklenen “bilişsel sıçrama” yı sınırlandırabilir. Çalışmanın bulguları, literatürde sıkça vurgulanan bu “altyapı uyumsuzluğu” sorununu yeniden doğrulamaktadır (Talanquer, 2006; Tuminaro ve Redish, 2007).

Analizimizde 1984 ve özellikle 2024 kitaplarında basınç, yoğunluk, enerji ve grafik okur-yazarlığı gibi yoğun matematiksel ilişkiler gerektiren içeriklerin arttığı görülmüştür. Ancak Temel (2012), fen dersinde karşılaşılan birçok matematiksel becerinin (oran-orantı, üslü sayılar, modelleme) matematik dersinde henüz işlenmeden fen dersine taşındığını ortaya koymuştur. Bu durum uluslararası literatürde disiplinsel uyumsuzluk (Berlin ve White, 2012; Wieman ve Adams, 2015) olarak adlandırılan soruna karşılık gelmektedir.

Dolayısıyla 2024 kitabındaki yüksek bilişsel düzeyli oransal düşünme gerektiren görevlerin, matematik dersi ile eşzamanlı yürütülmemesi hâlinde öğrencilerin kavramsal yükünü artırdığı söylenebilir. Ainsworth’un (2006) çoklu temsil kuramı da bu durumu desteklemekte; temsil sistemlerinin etkili kullanılabilmesi için disiplinler arası eşgüdümün kritik olduğunu vurgulamaktadır.

Bu noktada Skemp’in (1976) araçsal anlayış – ilişkisel anlayış ayrımı önemlidir. 1954–1984 kitaplarında baskın olan araçsal matematik anlayışı, 2024 ders kitabında ilişkisel bir forma evrilmiş görünmektedir. Bu evrim, modern fen eğitiminin hedefleriyle tam uyumludur (Duit ve Treagust, 2003).

Özellikle 2024 kitabında matematiksel ilişkilerin kavramsal tanımların içine yerleştirilmiş olması, fen dersinde matematiğin artık “dışarıdan eklenen bir araç” değil, “bilimsel düşünmenin doğal dokusu” hâline geldiğini göstermektedir (Lavonen vd., 2005; Leisen, 2010).

Kuzucu'nun (2023) TF-IDF temelli metin madenciliği analizi, ders kitaplarının matematiksel içeriğinin zaman içinde yalnızca niteliksel değil, niceliksel olarak da değiştiğini göstermiştir. Bizim analizimizde 1954'teki doğrudan karşılaştırmaların 2024'te soyut grafiklere, enerji modellerine ve ilişkisel akıl yürütmeye dönüşmesi, Kuzucu'nun bulgularıyla istatistiksel olarak desteklenmektedir.

Uluslararası araştırmalar, fen eğitiminin giderek daha fazla matematiksel temsil, sembolik gösterim ve soyut kavramlar üzerine kurulduğunu ortaya koymaktadır (Gilbert ve Treagust, 2009; Niss, 2015). Bu eğilim, fen öğretiminde matematiğin yalnızca bir hesaplama aracı değil; kavramsal modelleme, nicel akıl yürütme ve bilimin epistemik yapısını anlamada merkezi bir rol oynadığını göstermektedir. Dolayısıyla Türkiye'de ders kitaplarında gözlenen matematiksel terim yoğunluğundaki artış, ulusal bir değişimden ziyade küresel ölçekte fen eğitiminin aldığı ni yönelimlerin doğal bir yansımasıdır. Aydınlanmacı, açıklayıcı ve ilişkilendirici bir fen öğretimi için ders kitaplarının matematiksel dokusunun güçlendirilmesi, çağdaş bilim eğitiminin temel bir gerekliliği hâline gelmiştir (Lehrer ve Schauble, 2006).

Bu doğrultuda yürüttüğümüz içerik analizinde, 1954 ders kitabında baskın olan “basit aritmetik ve ölçme odaklı” matematiksel dilin, 2024 ders kitabında yerini belirgin biçimde “ilişkisel, oransal ve fonksiyonel” bir dile bıraktığı görülmüştür. Bu dönüşüm, yalnızca içeriksel değil, didaktik olarak da öğretimsel paradigmanın değiştiğini göstermektedir. Bulgularımızın sağlamlığını artıran önemli bir unsur, Kuzucu'nun (2023) fen bilimleri ders kitapları üzerinde gerçekleştirdiği TF-IDF tabanlı metin madenciliği analizi ile nitel bulgularımızın güçlü bir biçimde örtüşmesidir. Kuzucu (2023), özellikle matematiksel işlem, oran-orantı, veri analizi ve grafik yorumlamaya ilişkin anahtar kelimelerin zaman içinde anlamlı ölçüde daha yüksek önem skorlarına ulaştığını göstermiştir. Bu durum, çalışmamızda saptanan “2024 kitaplarında matematiğin fen bağlamı içinde eritilmesi” bulgusunun rastlantısal olmadığını, metinsel dokunun yapısal olarak daha matematiksel bir mantık üzerine inşa edildiğini ortaya koymaktadır.

Benzer şekilde, Kuzucu'nun (2023) görsel ve sayısal verilerin birlikte işlenme sıklığındaki artışa dikkat çekmesi, bu tezde belirlenen 2024 ders kitabındaki “soyut grafik yorumlama” becerisindeki yaklaşık %20'lik bilişsel artışı açıklamaktadır. Öğrenciden artık sadece

formülü kullanması değil, çoklu temsiller arasında dönüşüm yapması, veri setlerini görselleştirmesi ve grafiksel modelleri yorumlaması beklenmektedir. Bu eğilim, fen eğitiminin bilgi aktarımından veri işleme, model kurma ve çıkarım yapma süreçlerine doğru evrildiğini göstermektedir. Bu dönüşüm, uluslararası literatürde fen eğitiminde modellemenin bilişsel kazanımlar ve bilimsel okuryazarlık açısından kritik olduğu yönündeki bulgularla tamamen uyumludur (Justi ve Gilbert, 2002; Schwarz vd., 2009).

1954 ve 1984 ders kitaplarındaki matematiksel yapı daha çok “sonuca odaklı” iken, 2024 ders kitabında bu yapı belirgin biçimde “süreç odaklı” bir niteliğe dönüşmüştür. Bu geçiş, problem çözme becerilerinin geliştirilmesine ilişkin uluslararası literatürle uyumludur. Özellikle disiplinler arası etkinliklerin öğrenci başarısı, üst düzey düşünme becerileri ve fen okuryazarlığı üzerindeki olumlu etkileri birçok çalışmada vurgulanmıştır (Beane, 1997; Berlin ve White, 2012).

Bu matematiksel dönüşüm, aynı zamanda didaktik açıdan tarihsel bir evrimin parçası olarak değerlendirilmelidir. 1954 ders kitabındaki “sözel-sezgisel” anlatım, didaktik transpozisyonun ilk basamaklarını temsil ederken, 2024 ders kitabında gözlenen “matematiksel modelleme ve soyut grafik yorumlama” yapısı, bu transpozisyonun en modern ve karmaşık aşamasını temsil etmektedir. Bu yapı, bilginin yalnızca aktarılmasını değil; öğrencinin bilginin üretimine katıldığı bir epistemik öğrenme ortamının hedeflendiğini göstermektedir (Chevallard, 1985).

1954–2024 dönemine ilişkin bulgular, fen bilimleri ders kitaplarının matematiksel açıdan yalnızca zenginleşmediğini, aynı zamanda kavramsal olarak daha bütünleşik, bilişsel olarak daha talepkâr ve pedagojik açıdan daha süreç odaklı bir kimliğe büründüğünü göstermektedir. Ancak literatürde sıklıkla vurgulandığı gibi Niss’in (2015) ifade ettiği gibi bu dönüşümün sınıf ortamında etkili öğrenmeye dönüşebilmesi, öğretmenlerin disiplinler arası pedagojik yeterliliklerindeki gelişimle doğrudan ilişkilidir. Ders kitabının matematiksel olarak güçlendirilmesi, tek başına öğrenme çıktılarına garanti etmemekte; öğretmenin bu yapıyı pedagojik olarak işe koşma kapasitesi belirleyici olmaktadır. Bu nedenle, fen ve matematik entegrasyonunun sürdürülebilir ve etkili olabilmesi için öğretmen eğitiminde matematiksel modelleme, veri okuryazarlığı ve çoklu temsil kullanımı gibi yeterliliklerin güçlendirilmesi kritik önem taşımaktadır.

1984 ders kitabındaki yoğun cebirsel formül kullanımı, fen bilimlerinin giderek daha fazla “matematiksel bir dil” üzerinden inşa edildiği uluslararası eğilimle uyumludur. Bu dönem, fen eğitiminin epistemolojik olarak matematiğe bağımlı bir disiplin hâline geldiğini gösteren bir aşamayı temsil etmektedir. Nitekim özellikle 1980’ler sonrası fen eğitimi literatürü, bilimin “matematiksel modeller aracılığıyla” öğretildiğini vurgulamaktadır (Hestenes, 1987). Bu bağlamda 1984 kitabında karşılaşılan cebirsel yoğunluk, yalnızca ulusal bir tercih değil, küresel ölçekte fen öğretiminin matematiksel temsile yaslandığı bir dönemin yansımasıdır.

Uluslararası alanda bilimsel modelleme odaklı eğitimin yükselişiyle uyumludur (Gilbert, 2004; Lehrer ve Schauble, 2006). 2024 kitabında saptadığımız “matematiğin fen bağlamı içinde eritilmesi” olgusu, bu nedenle yalnızca bir içerik değişimi değil; bilimin epistemik yapısına daha uygun, model odaklı bir fen eğitiminin doğal evrimidir.

1954–1984 döneminde, kitapların ağırlıklı olarak “hesaplama tekniğine” dayalı, algoritmik ve işlem merkezli bir yaklaşımı benimsediği görülmüştür. 2024 ders kitabında ise bu yapının yerini “ilişkisel teknolojiye”, yani üst düzey düşünme becerilerine, grafiksel modellemeye ve nicel verinin yorumlanmasına dayalı bir yapının aldığı saptanmıştır.

Bu bulgu, uluslararası literatürde fen eğitiminde üst düzey bilişsel süreçlerin (grafik okuryazarlığı, çoklu temsil dönüşümü, veri modelleme) temel bir yeterlik olarak tanımlandığı çalışmalara paralellik göstermektedir (Ainsworth, 2006). Özellikle modellerle düşünmenin bilimsel okuryazarlığın merkezinde yer aldığı görüşü (Schwarz vd., 2009), 2024 kitaplarında gözlenen bilişsel istem artışını kuramsal olarak desteklemektedir.

Çalışmamızdaki 1954 kitabının “sözel-sezgisel” karakteri, bu dönemle tam bir uyum göstermektedir. Matematik bu dönemde fene dışarıdan eklenen, temelde basit aritmetik işlemlere indirgenmiş bir araçtır. Benzer şekilde, uluslararası araştırmalar da 1950’ler ve 60’larda fen eğitiminin daha çok betimleyici ve sözel açıklamaya dayalı olduğunu, matematiksel yapının ders kitaplarına sınırlı ölçüde yansıdığını göstermektedir (Deboer, 1991).

Analizimizde 1984 ders kitabında ortaya çıkan “yoğun cebirsel formüller, birim analizleri ve işlem basamakları” ile yüksek düzeyde örtüşmektedir. Bu dönemde didaktik sözleşme, öğrenciye matematiksel formülleri fen problemlerine doğru transfer etme sorumluluğu yüklemektedir. Uluslararası bağlamda bu dönem, fen eğitiminin “matematiksel doğruluk ve hesaplama güvenilirliği” üzerine kurulduğu bir faz olarak tanımlanmaktadır (Laugksch, 2000).

2018 ve sonrası programların odağının ise bilimsel süreç becerileri, veri işleme, günlük yaşamla ilişkilendirme ve modelleme olduğu hem de küresel literatür tarafından güçlü biçimde desteklenmektedir (NRC, 2012; OECD, 2019). Analizimizdeki 2024 ders kitabı (Ferman Yayıncılık), bu eğilimi daha da ileri taşıyarak matematiği hesaplama yükü olmaktan çıkarıp bir “model” hâline getirmektedir. Öğrencinin artık yalnızca formülü kullanması değil, veriyi temsil etmesi, grafik üretmesi, ilişkileri yorumlaması ve nicel akıl yürütme gerçekleştirmesi beklenmektedir. Bu, çağdaş fen eğitiminin üç temel yeterliliğiyle (modelleme, veri okuryazarlığı, soyutlama) doğrudan örtüşmektedir (Kaiser ve Sriraman, 2006; Lehrer ve Schauble, 2010).

Chevallard’ın (1985) “didaktik transpozisyon” kuramında tanımladığı öğretilebilir bilgi dönüşümünün tarihsel bir izdüşümü olarak okunabilir. Fen eğitiminin “anlatıdan” “modellemeye” geçişi, hem ulusal hem uluslararası bağlamda bilimin öğretiminde paradigmatik bir dönüşümün göstergesidir.

Bu bağlamda, Kıyıcı’nın (2022) meta-analiz çalışması, fen eğitiminde hesaplamalı düşünmenin temel bileşenleri olan veri analizi, örüntü tanıma, problem parçalama ve algoritmik modelleme becerilerinin öğrencilerin fen başarısını artırdığını göstermektedir. Analizimizde 2024 ders kitabında gözlenen yüksek bilişsel düzeyli grafik yorumlama ve enerji dönüşüm modelleri, Kıyıcı’nın işaret ettiği bu bilişsel süreçlerin materyal düzeyindeki somut karşılığıdır. 1984 ders kitabında görülen yoğun cebirsel gösterimler, fen eğitiminde soyutlama becerisinin ilk ciddi adımları olarak yorumlanabilirken, 2024 ders kitabındaki bütünleşik modelleme yaklaşımı, öğrencileri yalnızca “hesaplama yapan birey” konumundan çıkarıp “analiz ve problem çözme odaklı birey” hâline getirmektedir. Bu durum, hesaplamalı düşünmenin fen eğitimiyle entegrasyonunu destekleyen uluslararası literatürle de uyumludur (Grover ve Pea, 2013; Wing, 2006).

Analizimizde 1954 ve 1984 baskılarında daha çok statik ve metin odaklı olan veri sunumunun, 2024 ders kitabında dinamik grafikler ve soyut modellerle harmanlandığı görülmektedir. Bu bağlamda Divarcı (2022), teknoloji destekli ve harmanlanmış öğrenme ortamlarının öğrencilerin özellikle “bilgi, medya ve teknoloji okuryazarlığı” becerilerini anlamlı düzeyde artırdığını ortaya koymuştur. 2024 kitaplarında gözlenen yüksek bilişsel istemli grafik yorumlama ve veri modelleme etkinlikleri, fen eğitiminde öğrencinin dijital çağ becerilerini geliştirmeyi hedefleyen pedagojik bir strateji olarak değerlendirilebilir. Bu durum, öğrenciye matematiği fenden bağımsız bir yük olarak değil, anlamlı öğrenmeyi destekleyen bir çözümleme aracı olarak sunan modern öğretim anlayışıyla örtüşmektedir (NRC, 2012; Mishra ve Koehler, 2006).

1984 ders kitabındaki yoğun cebirsel yapıdan 2024’teki ilişkisel ve bütünleşik matematiksel yapıya geçiş, fen eğitiminde matematiğin epistemik rolünü yeniden tanımlamaktadır. Bu değişim, öğrencinin formülleri ezbere uygulamasından çıkarak verileri analiz etme, örüntüleri saptama ve modelleme yoluyla bilimsel çıkarımlar yapmasına olanak tanımaktadır. Uluslararası çalışmalar, fen eğitiminde modelleme ve soyutlama odaklı matematik kullanımının öğrencilerin problem çözme, eleştirel düşünme ve bilimsel okuryazarlık becerilerini anlamlı biçimde artırdığını göstermektedir (Windschitl vd .,2008; Schwarz vd., 2009). Dolayısıyla 2024 ders kitabında gözlenen matematiksel derinlik, yalnızca ulusal bağlamda değil, küresel fen eğitimi trendleriyle de paralellik göstermektedir.

Sonuç olarak, 1954–1984–2024 kitap karşılaştırması, fen eğitiminde matematiğin rolünün niceliksel artıştan öte, niteliksel olarak da algoritmik ve hesaplamalı düşünme odaklı bir yapıya evrildiğini göstermektedir. Kıyıcı (2022) ve Divarcı (2022) tarafından vurgulanan bulgular, bu evrimin yalnızca tek bir ders kitabına özgü olmadığını, uluslararası literatürde de karşılık bulduğunu ortaya koymaktadır. 2024 ders kitabında gözlenen matematiksel modelleme ve veri analizine dayalı bütünleşik yaklaşım, modern fen eğitiminin öğrenciyi aktif, eleştirel düşünen ve dijital çağın gerektirdiği üst düzey bilişsel becerilere sahip birey olarak yetiştirme hedefiyle doğrudan ilişkilidir.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, Türkiye’de fen bilimleri ders kitaplarının 1954,1984 ve 2024 dönemindeki matematiksel temelleri tarihsel bir perspektifle incelenmiş ve fen–matematik entegrasyonu literatürü ışığında değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıdaki sonuçları ortaya koymaktadır.

6.1. Sonuç

Bu araştırmada, Türkiye’de fen bilimleri ders kitaplarının 1954,1984 ve 2024 dönemindeki matematiksel temelleri tarihsel bir perspektifle incelenmiş ve fen–matematik entegrasyonu literatürü ışığında değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıdaki sonuçları ortaya koymaktadır:

Sonuç olarak, fen kitaplarında matematiksel temellerin ölçme-oran merkezli yapıdan veri-ilişki merkezli yapıya dönüştüğünü göstermektedir. 1954 ders kitabında öğrencinin rolü “ölçen ve gözlemleyen”; 2024 ders kitabında ise “ilişki kuran ve yorumlayan” konumundadır. Su ve madde konularında niceliksel düşünme, artık deneysel doğrulukla değil, veri-model uyumu ile değerlendirilmektedir. Bu evrim, matematiksel düşünmenin fen eğitiminde sadece sayısal işlem değil, bilişsel yapı kurma aracı olarak işlev kazandığını göstermektedir. Böylece, 1954’teki ölçme doğruluğu paradigmasından 2024’teki ilişkisel anlam paradigmasına geçilmiştir.

Son yetmiş yılda fen bilimleri ders kitaplarının matematiksel dokusunda gözlenen değişim, yalnızca niceliksel bir artıştan öte, niteliksel bir evrimi de göstermektedir. 1954 doğrudan ders kitabındaki gözleme dayalı ve aritmetik odaklı veri sunumu, 1984 ders kitabında yoğun cebirsel gösterimlerle soyutlama becerilerini teşvik eden bir yapıya dönüşmüş, 2024 ders kitabında ise dinamik grafikler, enerji dönüşüm modelleri ve ilişkisel soyutlamalar üzerinden “algoritmik ve modelleme odaklı” bir pedagojik çerçeveye bürünmüştür. Bu dönüşüm, fen eğitiminin yalnızca bilgi aktarımından veri işleme, modelleme ve problem çözme merkezli bir öğrenme yaklaşımına kaydığını göstermektedir (Lehrer ve Schauble,

2010). Fen bilgisi ders kitaplarındaki bu matematiksel değişim elde edilen bulgu ve sonuçlar, 2024 yılı ders kitabının modern fen eğitimi açısından diğerlerine oranla daha iyi bir noktada olduğunu göstermektedir.

1954, 1984 ve 2024 fen kitapları arasındaki karşılaştırma, Türkiye’de fen eğitiminde matematiksel temsillerin gözlem temelli doğrulamadan soyut modellemeye doğru geliştiğini açık biçimde göstermektedir.

1954 dönemi, Cumhuriyet’in erken yıllarının pozitivist bilgi anlayışını yansıtarak ölçme, birim ve doğrudan deneysel gözleme dayalı bir bilim öğretimi sunmuştur. 1984 dönemi, bu deneysel yapıyı korurken aynı zamanda matematiksel semboller ve formüllerle fen konularını ifade etmeye başlamış; bu yönüyle geçiş dönemidir. 2024 dönemi ise fen öğretiminde ilişkisel ve model-temelli bir paradigma oluşturmuştur: artık öğrenciden beklenen şey yalnızca ölçüm yapması değil, ölçüm sonuçları arasındaki ilişkileri yorumlaması ve bu ilişkileri matematiksel bir model aracılığıyla açıklamasıdır.

Bu süreç, Bruner’in (1966) üç temsil düzeyi olan eylem temsili, imgesel temsili ve simgesel temsili gelişim çizgisiyle de örtüşmektedir. 1954 öğretimi “eylem temsili” düzeyinde, 1984 öğretimi “imgesel temsili” düzeyinde, 2024 öğretimi ise “simgesel temsili” düzeyinde konumlanmaktadır. Bu, fen eğitiminin pedagojik olarak olgunlaşmasının da bir göstergesidir. Elde edilen bulgulara göre, 1954; Fen eğitimi, deneysel doğrulama ve ölçme ağırlıklıdır. 1984; Ölçme ile sembolik anlatım arasında köprü kuran cebirsel bir ara dönemdir. 2024; Veriye dayalı modelleme ve kavramsal temsil dönemi olmuştur.

Bu üç dönemin ortak yönü, fen öğretiminde matematiğin açıklayıcı bir araç olarak giderek daha merkezi bir rol üstlenmesidir. Dolayısıyla 1954, 1984 ve 2024’e kadar olan yetmiş yıllık süreçte fen eğitimi, yalnızca içeriğini değil, bilgiyi inşa etme biçimini de dönüştürmüştür (Lincoln ve Guba, 1985).

6.2. Öneriler

Araştırma bulguları ışığında, fen eğitiminde matematiksel temsillerin etkili kullanımını destekleyecek öneriler aşağıdaki biçimde ifade edilebilir.

Öğretmen yeterliliğinin güçlendirilmesi, matematiksel modelleme ve veri okuryazarlığı becerileri, öğretmen eğitim programlarında sistematik olarak güçlendirilmelidir. Öğretmenlerin fen ve matematik arasındaki epistemik köprüyü kurabilmesi, öğrencilerin kavramsal anlayışını doğrudan etkilemektedir. Bu konuda tez çalışmaları ve araştırmalara gereken önem artırılmalıdır.

Müfredat ve ders kitabı senkronizasyonu, fen ve matematik ders müfredatlarının kronolojik ve kavramsal uyum içinde planlanması gerekmektedir. Disiplinler arası uyumsuzluk, öğrencilerin fonksiyonel ve modelleme odaklı görevleri anlamasını zorlaştırmaktadır. Fen ve matematik ders kitaplarındaki konuların sıralama ve uyumlarına dikkat edilmelidir.

Fen ders kitapları ile gerçekleştirdiğimiz çalışmalar referans alınarak, ülkemizin modern fen eğitimi noktasında daha iyi bir konuma gelmesi için bu konudaki çalışmalara önem verilmelidir. Fen ders kitaplarındaki hedeflenen kazanımlara ulaşılabilmesi için en başta fen bilgisi kitaplarındaki matematiksel kavram ve ifadeler her yönü ile değerlendirilerek düzenlenmelidir.

Çoklu temsil ve modelleme etkinlikleri, ders kitaplarında grafik, tablo, denklem ve soyut modellerin entegre edilmesi ve öğrencilerin bu temsiller arasında geçiş yapabilme becerilerinin desteklenmesi önemlidir. Bu yaklaşım, anlamlı öğrenmeyi ve üst düzey bilişsel süreçleri güçlendirmektedir.

Dijital ve veri odaklı öğrenme ortamları, öğrencilerin veri okuryazarlığını geliştirecek dijital araçlar ve modelleme yazılımları ders içeriklerine entegre edilmelidir. Böylece matematik, fen bağlamında soyut bir araç olmaktan çıkarak, anlamlı analiz ve problem çözme süreçlerinde işlevsel hâle gelecektir.

Ulusal eğitim politikalarının yeniden değerlendirilmesi, ders kitaplarının matematiksel içeriğinin derinleşmesi, pedagojik uygulamalar ve öğretmen yeterliliği ile desteklenmediğinde öğrenme çıktıları sınırlı kalmaktadır. Eğitim reformları, fen–matematik entegrasyonunu hem içerik hem de öğretim boyutunda bütüncül biçimde ele almalıdır. Bu konudaki araştırmalar artırılmalıdır.

Gelecek araştırmalar için öneriler, öğrenci ve öğretmen düzeyinde matematiksel yeterliliklerin fen başarısına etkisini inceleyen nicel ve nitel araştırmalar yapılabilir. Disiplinler arası materyal tasarımı ve uygulama modellerinin etkililiğini değerlendiren saha çalışmaları artırılmalıdır. Dijital araçlar ve simülasyonların fen ve matematik entegrasyonu üzerindeki rolü araştırılmalıdır.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmamızda fen bilimleri kitaplarındaki matematiksel değişimin iyi anlaşılıp, bu konuda fen ve matematik müfredat konu ve uyumları tekrar gözden geçirilerek bu iki disiplin senkronize edilmelidir.

Bu çalışma uzun bir dönemi ele alarak, bize tarihsel bir perspektif sunmaktadır. Fen bilgisi kitapları ile yaptığımız bu çalışma matematiksel dönüşümü belirgin olarak göstermek ile, dönüşümün az olduğu matematiksel temeller üzerine daha yoğunlaşarak bu konudaki eksikleri gidererek daha kaliteli, modern fen eğitimi ve küresel eğitim vizyonu ile uyumlu ders kitapları yapılmalıdır.

Fen ve matematik adeta bir elmanın iki yarısı gibi bir bütünlük teşkil etmektedir. Birbirlerini tamamlayan iki alanın öğretmenleri de bu konuda ders uyumu açısından daima birlikte hareket etmelidirler. Fen ders kitapları hazırlama komisyonlarında mutlaka matematik branşından uzman eğitim kadrosu olmalıdır.

Ülkemizin ve milletimizin hedefleri doğrultusunda, çağın gerektirdiğı modern fen eğitime gereken önem artarak devam etmelidir. Türkiye yüzyılında, bu yüzyıl için gerekli kılınan ve görülen modern fen eğitimi ile donanarak, ülkemizi daha ileri seviyelere taşımalı ve bu yönde daima gayretli olmalıyız. Hem bu gerçekleştirdiğimiz çalışma ile üniversitemize ve ilgili literatüre ciddi seviyede katkı sağlayacağımız muhakkaktır. Modern fen eğitimi vizyonu ile ülkemizi daha da ileri seviyelere taşıyacağız.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, K. (1992). *Aktif öğrenme*. İzmir: Eğitim Dünyası Yayınları.
- Adams, W. K. and Wieman, C. E. (2015). Analyzing the many skills involved in solving complex physics problems. *American Journal of Physics*, 83(5), 459–467.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2–3), 131–152.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. *Visualisation: Theory and Practice in Science Education*, 191–208.
- Ainsworth, S. and Van Labeke, N. (2002). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 12(2), 241–255.
- Alak, G. (2010). *Fen ve matematik ilişkisinin öğretmen görüşlerine göre değerlendirilmesi*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Alqahtani, M. M. and Powell, A. B. (2017). Mediation activities in a dynamic geometry environment and teachers' specialized content knowledge. *Journal of Mathematical Behavior*, 46, 208–224.
- Altun, M. (2002). *İlköğretimde matematik öğretimi*. Bursa: Erkam Yayınları.
- Apedoe, X., Reynolds, B., Ellefson, M. R. and Schunn, C. D. (2006). Bringing authentic inquiry into introductory biology: A comparison of inquiry-based and traditional approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 157-181.
- Avcı, Ö. (2006). *Van il merkezinde ilköğretim II. kademe fen bilgisi öğretiminde kullanılan yöntemlerde karşılaşılan sorunlar*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Ayas, A. (1995). Fen bilimlerinde program geliştirme ve uygulama teknikleri üzerine bir çalışma: iki çağdaş yaklaşımın değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(11).
- Ayaz, M. F. (2014). *Proje tabanlı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin fen derslerindeki akademik başarılarına ve fen derslerine yönelik tutumlarına etkisi: Bir meta-analiz çalışması*, Doktora tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Aydın, A. (2011). Fen bilgisi öğretmenliği öğrencilerinin bazı matematik kavramlarına yönelik hatalarının ve bilgi eksiklerinin tespit edilmesi. *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 78-87.

- Aydın, A. (2014). *Fen eğitimi ve öğretimi*. Ankara: Pegem Akademi.
- Aydın, E. (2019). *Cumhuriyet döneminde fen eğitimi programlarının tarihsel gelişimi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Yayınları.
- Ayvacı, H. Ş. ve Şahin, Ç. (2009). Fen bilgisi öğretmenlerinin ders sürecinde ve yazılı sınavlarda sordukları soruların bilişsel seviyelerinin karşılaştırılması. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(2), 441-455.
- Baltacı, S. (2014). *Dinamik matematik yazılımının geometrik yer kavramının öğretiminde kullanılmasının bağlamsal öğrenme boyutundan incelenmesi*, Yayımlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Batanero, C., Burrill, G. and Reading, C. (Eds.). (2011). *Teaching statistics in school-mathematics-challenges for teaching and teacher education: A joint ICMI/IASE study*. New York, NY: Springer Science+Business Media.
- Baykul, Y. (2014). *Matematik öğretimi* (12. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Beane, J. A. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Beichumila, E. S., Bisanz, J. and Bisanz, G. L. (2022). Computer simulations and science process skills development in undergraduate students. *Educational Technology Research and Development*, 70(3), 421-445.
- Berlin, D. F. and White, A. L. (1994). The Berlin-White integrated science and mathematics model. *School Science and Mathematics*, 94(1), 2-4.
- Berlin, D. F. and White, A. L. (2012). A longitudinal look at attitudes and perceptions related to the integration of mathematics, science, and technology education. *School Science and Mathematics*, 112(1), 20-29.
- Bing, T. and Redish, E. F. (2009). Analyzing problem solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5(2), 020108.
- Blum, W. and Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modeling problems? In C. R. Haines, P. Galbraith, W. Blum and S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA-12): Education, Engineering and Economics* (pp. 222-231). Chichester: Horwood Publishing.
- Boudreaux, A., Brahmia, S. and Kanim, S. E. (2015). Student facility with ratio and proportion: Mapping the reasoning space in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 11(2), 020108.
- Brownell, S. E. and Tanner, K. D. (2012). Barriers to faculty pedagogical change: Lack of training, time, incentives, and tensions with professional identity? *CBE—Life Sciences Education*, 11(4), 339-346.

- Bruner, J. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bulduk, Ö. (2014). *Fen ve teknoloji dersi 7. sınıf ders kitabı ve öğretmen kılavuz kitabının laboratuvar kullanım tekniği açısından incelenmesi*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Bütüner, S. Ö. ve Uzun, S. (2011). Fen öğretiminde karşılaşılan matematik temelli sıkıntılar: Fen ve teknoloji öğretmenlerinin tecrübelerinden yansımalar. *Journal of Theoretical Educational Sciences*, 4(2), 262-272.
- Carlson, M. P., Smith, N. N. and Persson, J. (2003). Developing and connecting calculus students' notions of rate-of change and accumulation: The fundamental theorem of calculus. *International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 2, 165-172.
- Çavaş, B. (2002). *İlköğretim 6. ve 7. sınıflarda okutulan matematiğe dayalı fen konularında yaşanan sorunlar; matematiğin bu sorunlar içerisindeki yeri ve bu sorunların giderilmesinde teknolojinin rolü ve çözüm önerileri*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism: Protocol evidence on sources of creativity in science. In J. A. Glover, R. R. Ronning, and C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity* (pp. 341–381). New York, NY: Plenum Press.
- Cobb, P. (1994). Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Researcher*, 23(7), 13-20.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Ciminli Oktay, E. (2013). *6. Sınıf fen ve teknoloji dersinin “yaşamımızdaki sürat” konusundaki matematik becerileri üzerine öğrenci ve öğretmen görüşlerinin incelenmesi*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Erzincan Üniversitesi, Erzincan.
- Çepni, S. (2023). *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi* (15. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Davis, E. A. and Krajcik, J. S. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, 34(3), 3–14.
- DeBoer, G. E. (1991). *A history of ideas in science education: Implications for practice*. New York, NY: Teachers College Press.

- Demirel, Ö. ve Kıröğlu, K. (2005). *Konu alanı ders kitabı incelemesi*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Demirel, Ö. ve Kıröğlu, K. (2021). *Ders kitabı incelemesi* (5. Baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. and Sklaveniti, S. (2003). Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. *Research in Science Education*, 33(2), 189–216.
- diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction*, 22(3), 293–331.
- diSessa, A. A. (2008). A bird's-eye view of the "pieces" vs. "coherence" controversy (from the "pieces" side of the fence). In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 35–60). New York, NY: Routledge.
- diSessa, A. A. (2014). Kavramsal değişim araştırmasının tarihi: İplikler ve fay hatları. In R. K. Sawyer (Ed.), *Öğrenme bilimleri Cambridge elkitabı* (2. Baskı, ss. 88–108). Cambridge: Cambridge University Press.
- diSessa, A. A. (2018). A friendly introduction to “knowledge in pieces”: Modeling types of knowledge and their roles in learning. In G. Kaiser, H. Forgasz, M. Graven, A. Kuzniak, E. Simmt and B. Xu (Eds.), *Invited lectures from the 13th international congress on mathematical education* (pp. 65-84). Cham: Springer International Publishing.
- Divarçı, Ö. F. (2022). *Fen eğitiminde harmanlanmış öğrenmenin akademik başarı ve 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine etkisinin incelenmesi*, Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Doğan, Ö. (2023). Trends and issues in science education in the new millennium: A bibliometric analysis of the JRST. *Science Insights Education Frontiers*, 16(1), 2375-2407.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481–490.
- Driver, R. and Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37–60.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. and Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5–12.
- Duit, R. and Treagust, D. (1998). Bilimde öğrenme: Davranışçılıktan sosyal yapılandırmacılığa ve ötesine. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (Eds.), *Uluslararası bilim eğitimi el kitabı*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Duit, R. and Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Duschl, R. and Ellenbogen, K. (2009). Argumentation and epistemic criteria: Investigating learners' reasons for reasons. *Educación Química*, 20(2), 111–118.
- Duschl, R., Schweingruber, H. and Shouse, A. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K–8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1-2), 103–131.
- Einstein, A. (1905). Zur elektrodynamik bewegter körper. *Annalen der Physik*, 322(10), 891-921.
- Elliott, B., Oty, K., McArthur, J. and Clark, B. (2001). The effect of an interdisciplinary algebra/science course on students' problem solving skills, critical thinking skills and attitudes towards mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(6), 811-816.
- Emery, N., Maher, J. M. and Ebert-May, D. (2021). Barriers and facilitators to integrating data science into undergraduate curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 234-248.
- Ergün, S. ve Aydın, B. (2015). Algebraic thinking and mathematical modeling in middle school mathematics education. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(4), 1073-1085.
- Erkan, H. ve Duran, M. (2023). The effects of STEM activities conducted with the flipped learning model on primary school students' scientific creativity, attitudes and perceptions towards STEM. *Science Insights Education Frontiers*, 15(1), 2175-2225.
- Fan, L. and Kaeley, G. S. (2000). The influence of textbooks on teaching strategies: An empirical study. *Mid-Western Educational Researcher*, 13(4), 2-11.
- Fan, L., Zhu, Y. and Miao, Z. (2013). Textbook research in mathematics education: Development status and directions. *ZDM*, 45(5), 633-646.
- Feynman, R. P. (2002). *The pleasure of finding things out*. New York, NY: Perseus Publishing.
- Furner, J. M. and Kumar, D. D. (2007). The mathematics and science integration argument: A stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(3), 185-189.
- Galilei, G. (1957). *The assayer* (S. Drake, Çev.). Stanford, CA: Stanford University. (Orijinal çalışma basım tarihi 1623).

- Geçgel, G. ve Şekerci, A. (2018). Bazı kimya konularındaki alternatif kavramların tanılayıcı dallanmış ağaç tekniği kullanarak belirlenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1-18.
- Germann, P., Aram, R. and Burke, G. (1996). Development of scientific process skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 27–59.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130.
- Gilbert, J. K. and Justi, R. (2016). *Models and modelling in science education*. Dordrecht: Springer.
- Gilbert, J. K. and Treagust, D. F. (2009). Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in chemical education. In J. K. Gilbert and D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 1-8). Dordrecht: Springer.
- Gleick, J. (2011). *The information: A history, a theory, a flood*. New York, NY: Pantheon Books.
- Goldin, G. A. (2014). Mathematical representations and learning. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 409–413). Dordrecht: Springer.
- Gribben, J. (2017). *Bilim tarihi* (2. Baskı). İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Gülersoy, A. E. (2013). İdeal ders kitabı arayışında sosyal bilgiler ders kitaplarının bazı özellikler açısından incelenmesi. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education*, 2(2).
- Gürdal, A. (1992). İlköğretim okullarında fen bilgisinin önemi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(8).
- Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science: A review of research* (Using Research Series, No. 21). Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield: Association for Science Education.
- Hart, S. A., Ganley, C. M. and Purpura, D. J. (2018). Understanding the home math environment and its role in predicting parent report of children's math skills. *PLOS ONE*, 13(12), e0208834.
- Hartmann, S., Upmeyer zu Belzen, A., Krüger, D. and Pant, H. A. (2015). Scientific reasoning in higher education: Constructing and evaluating the criterion-related validity of an assessment of preservice science teachers' competencies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 47-53.
- Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B., Naqvi, S. and MacKinnon, S. (2022). Enhancing children's spatial and numerical skills through a dynamic spatial approach to early geometry

- instruction: Effects of a 32-week intervention. *Cognition and Instruction*, 40(3), 343-375.
- Hegarty, M. (2010). Components of spatial intelligence. In B. H. Ross, *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 265–297). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440–454.
- Hicks, S. C. and Irizarry, R. A. (2018). A guide to teaching data science. *The American Statistician*, 72(4), 382-391.
- Hiebert, J. and Carpenter, T. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. Grouws, *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 65–92). New York, NY: Macmillan.
- Hill, H. C., Ball, D. L. and Schilling, S. G. (2008). Unpacking pedagogical content knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39(4), 372–400.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541–562.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22(1), 85-142.
- Holley, J. M. and Park, S. (2020). Enhancing environmental science education through constructivist teaching practices. *Environmental Education Research*, 26(8), 1123-1139.
- Isa, I., Bunyamin, M. and Phang, F. (2022). Bridging culture and science education: Implications for research and practice. *International Journal of Learning Teaching and Educational Research*, 21(10), 362-380.
- Işıksal-Bostan, M., Ayan-Civak, R., Yemen-Karpuzcu, S. and Baktemur, G. (2019). The impact of an authentic intervention on students' proportional reasoning skills. *International Conference on Advanced Research in Teaching and Education*, 1-12.
- Izard, V., Pica, P., Spelke, E. S. and Dehaene, S. (2011). Flexible intuitions of Euclidean geometry in an Amazonian indigene group. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(24), 9782-9787.
- Jaafar, R. and Yan, L. S. (2017). Assessment-driven learning in calculus: Promoting active engagement and understanding. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(6), 845-862.

- Jong, T., Linn, M. and Zacharia, Z. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308.
- Jungić, V., Kaur, H., Mulholland, J. and Xin, C. (2014). On flipping the classroom in large first year calculus courses. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(4), 508-520.
- Justi, R. and Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Kahveci, S. (2020). *Fen bilimleri ders kitaplarının bilimsel süreç becerileri, sorgulayıcı araştırmaya dayalı öğretim yönteminin düzeyleri, FETEMM (STEM) yaklaşımı ve okunabilirlik yönlerinden analizi*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Kaiser, G. (2017). The teaching and learning of mathematical modelling. In J. Cai, *Compendium for research in mathematics education* (pp. 267-291). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Kaiser, G. and Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 38(3), 302–310.
- Karaca, N. (2010). *Bilgisayar destekli animasyonların grafik çizme ve yorumlama becerisinin geliştirilmesine etkisi: “Yaşamımızdaki sürat örneği”*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Karamustafaoğlu, S., Salar, U. ve Celep, A. (2015). Ortaokul 5. sınıf fen bilimleri ders kitabına yönelik öğretmen görüşleri. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1(2), 93-118.
- Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2), 169-175.
- Karplus, R. and Thier, H. D. (1967). *A new look at elementary school science*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Kasımoğlu, N. (2021). *1920’lerden günümüze Türk fen bilgisi kitaplarında eğitim reformlarının yansımaları: Sorgulamaya dayalı bir içerik analizi*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Kaya, D. (2017). Mathematical modeling in science education: Bridging theory and practice. *Journal of Science Education and Technology*, 26(3), 278-292.
- Keller, T., Gerjets, P., Scheiter, K. and Garsoffky, B. (2004). Information visualizations for knowledge acquisition: The impact of dimensionality and color coding. *Computers in Human Behavior*, 22(1), 43-65.
- Kenan, O. (2022). *Fen eğitiminde matematiksel modelleme yeterlikleri*, Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

- Kilpatrick, J., Swafford, J. and Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Kıyıcı, G. (2022). *Fen eğitiminde hesaplamalı düşünme araştırmalarının incelenmesi: Bir meta-analiz çalışması*, Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Konold, C. and Higgins, T. L. (2003). Reasoning about data. In J. Kilpatrick, W. G. Martin, and D. Schifter, *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 193–215). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Köseoğlu, F. ve Kavak, N. (2001). Fen öğretiminde yapılandırıcı yaklaşım. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 139-148.
- Krajcik, J. and Blumenfeld, P. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer, *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317-333). New York, NY: Cambridge University Press.
- Krajcik, J. and Merritt, J. (2012). Engaging students in scientific practices: What does constructing and revising models look like in the science classroom? *Science Scope*, 35(7), 6–8.
- Kuckartz, U. (2014). *Qualitative text analysis: A guide to methods, practice & using software*. London: SAGE Publications.
- Kulgemeyer, C. and Schecker, H. (2014). Research on educational standards in German science education – Towards a model of student competences. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(4), 257–269.
- Kuzucu, M. (2023). *Fen ders kitaplarındaki değişimin terim frekansı-ters doküman frekansı (TF-IDF) analizi ile incelenmesi*, Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde.
- Kwon, O. N., Rasmussen, C., and Allen, K. (2015). Students' retention of mathematical knowledge and skills in differential equations. *School Science and Mathematics*, 105(5), 227-239.
- Lakhvich, T. (2021). Spatial reasoning in science education: Implications for teaching and learning. *Science Education International*, 32(2), 145-158.
- Lamon, S. J. (2007). Rational numbers and proportional reasoning: Toward a theoretical framework. In F. Lester, *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 629-668). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71–94.
- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V. and Uitto, A. (2005). Pupil interest in physics: A survey in Finland. *Nordic Studies in Science Education*, 1(2), 72–85.

- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell and N. G. Lederman, *Handbook of research on science education* (1st ed., pp. 831–879). New York, NY: Routledge.
- Lehrer, R. and Schauble, L. (2006a). Cultivating model-based reasoning in science education. In R. K. Sawyer, *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 371–387). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lehrer, R. and Schauble, L. (2006b). Scientific thinking and science literacy. In K. A. Renninger, I. E. Sigel, W. Damon, and R. M. Lerner, *Handbook of child psychology: Child psychology in practice* (6th ed., pp. 153–196). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Lehrer, R. and Schauble, L. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4), 701–724.
- Lei, H., Chiu, M. M. and Li, S. (2023). Virtual learning environments and their impact on geometric reasoning skills. *Educational Technology & Society*, 26(1), 78-92.
- Leisen, J. (2010). Leseverstehen und Leseförderung in den Naturwissenschaften [Reading comprehension and reading promotion in the natural sciences]. In G. Fenkart, A. Lembens, and E. Erlacher-Zeitlinger, *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* [Language, mathematics and natural sciences] (pp. 212–231). Innsbruck: Studienverlag.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex.
- Lesh, R. and Doerr, H. M. (2003). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R. and Zawojewski, J. S. (2007). Problem solving and modeling. In F. Lester, *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 763-802). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Lincoln, Y. S. and Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Linn, M. C., Davis, E. A. and Bell, P. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lobato, J. and Ellis, A. B. (2010). *Developing essential understanding of ratios, proportions proportional reasoning for teaching mathematics in grades 6-8*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Lobato, J. and Thanheiser, E. (2002). Developing understanding of ratio as measure as a foundation for slope. In B. Litwiler, *Making sense of fractions, ratios, and proportions: 2002 yearbook* (pp. 162-175). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Lonning, R. A. and DeFranco, T. C. (1997). Integration of science and mathematics: A theoretical model. *School Science and Mathematics*, 97(4), 212–215.

- Loy, A., Kuiper, S. and Chihara, L. (2019). Data science in statistics curricula: Preparing students to "think with data." *The American Statistician*, 73(4), 343-353.
- Markwick, A. and Clark, J. (2016). Science + Maths = a better understanding of science! *Primary Science*, 142, 22-24.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York, NY: Routledge.
- Matthews, M. R. (2000). Fen eğitimi, öğretmen eğitimi ve kültür. In *Fen eğitimi için zaman* (ss. 161-197). Dordrecht: Springer.
- Matthews, M. R. (2014). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science* (2. Baskı). New York, NY: Routledge.
- MAXQDA. (2024). *MAXQDA 24 reference manual*. Berlin: VERBI Software.
- Maxwell, J. C. (1865). A dynamical theory of the electromagnetic field. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 155, 459-512.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Baskı). New York, NY: Cambridge University Press.
- McDermott, L. C. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap. *American Journal of Physics*, 59(4), 301-315.
- McLeod, S. (2025). Piaget bilişsel gelişim evreleri. *Simply Psychology*.
- Meltzer, D. (2002). Mathematical reasoning in physics. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259-1268.
- Miles, M. B. and Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2. Baskı). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Millar, R. and Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14(1), 33-62.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (1954). *Ortaokul tabiat bilgisi dersi öğretim programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (1983). *Fen bilgisi öğretim programı*. Ankara: MEB Yayınları.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2009). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programı*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2019). *Fen bilimleri öğretim programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.

- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye yüzyılı maarif modeli: Fen bilimleri dersi öğretim programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Mishra, P. ve Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A. and Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 4(1), 1-15.
- Mulligan, J., Tytler, R., Prain, V. and Kirk, M. (2024). Implementing a pedagogical cycle to support data modelling and statistical reasoning in years 1 and 2 through the Interdisciplinary Mathematics and Science (IMS) project. *Mathematics Education Research Journal*, 36(1), 37-66.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2020). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- National Research Council. (2010). *Report of a workshop on the pedagogical aspects of computational thinking*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Newcombe, N. S. (2010). Picture this: Increasing math and science learning by improving spatial thinking. *American Educator*, 34(2), 29-35.
- Nunes, T. and Bryant, P. (1996). *Children doing mathematics*. Oxford: Blackwell.
- Nurrenbern, S. C. and Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510.
- Obalı, B. (2009). *Öğrencilerin fen ve teknoloji akademik başarılarıyla Türkçede okuduğunu anlama ve matematik başarıları arasındaki ilişki*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- OECD. (2019). *PISA 2018 results*. Paris: OECD Publishing.
- Osborne, J. (2014a). Scientific practices and inquiry in the science classroom. In N. G. Lederman and S. K. Abell, *Handbook of research on science education* (Cilt 2, ss. 579-599). New York, NY: Routledge.
- Osborne, J. (2014b). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.
- Osborne, J. and Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (A report to the Nuffield Foundation). London: King's College London.
- Özdemir, N. (2006). *İlköğretim 2. kademedeki fen bilgisi öğretiminde yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

- Özkaya, A., Işık, A. and Koç, Y. (2023). Algebraic expressions and functions in scientific contexts: A study of middle school students. *Research in Science Education*, 53(2), 387-405.
- Parsons, E. and Carlone, H. (2012). Culture and science education in the 21st century: Extending and making the cultural box more inclusive. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(1), 1-11.
- Patton, M. (2015). *Qualitative research and evaluation methods* (4. Baskı). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Pellegrino, J. W. and Hilton, M. L. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: National Academies Press.
- Pewnim, N., Rounghprom, J. and Srisawasdi, N. (2011). Mathematical representations and scientific problem solving in middle school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6), 1415-1436.
- Piaget, J. (1952). Jean Piaget. In E. G. Boring, H. Werner, H. S. Langfeld and R. M. Yerkes, *A history of psychology in autobiography* (Cilt 4, ss. 237–256). Worcester, MA: Clark University Press.
- Piaget, J. (1970). *Eğitim bilimi ve çocuk psikolojisi*. New York, NY: Grossman.
- Planinic, M., Milin-Sipus, Z., Katic, H., Susac, A. and Ivanjek, L. (2012). Comparison of student understanding of line graph slope in physics and mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1393–1414.
- Polya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Poon, K. K. and Leung, C. K. (2016). Geometric reasoning skills and their relationship to mathematical achievement. *Educational Studies in Mathematics*, 92(3), 377-394.
- Post, T. R., Behr, M. and Lesh, R. (1982). Interpretations of rational number concepts. In *Mathematics for grades 5-9, 1982 NCTM yearbook* (ss. 59-72). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Redish, E. F. (2005). *Problem solving and the use of math in physics courses*. World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change konferansında sunulan davetli konuşma, Delhi, Hindistan.
- Redish, E. F. and Kuo, E. (2015). Language of physics, language of math. *Science & Education*, 24(5), 561–590.
- Rezat, S. and Straesser, R. (2012). From the didactical triangle to the socio-didactical tetrahedron: Artifacts as fundamental constituents of the didactical situation. *ZDM – Mathematics Education*, 44(5), 641–651.

- Risnawati, R., Andrian, D., Azmi, M. P., Amir, Z. and Nurdin, E. (2019). Development of a mathematics learning device based on visual thinking approach to improve students' mathematical reasoning ability. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3), 62-74.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H. and Park, M. S. (2012). Is adding the E enough?: Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- Roth, W. M. and Bowen, G. M. (2001). Professionals read graphs: A semiotic analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 159-194.
- Sadak, M., İncikabı, S. ve Pektaş, O. (2021). Türkiye’de matematik ve fen eğitiminde karşılaştırmalı eğitim konusunda yapılan lisansüstü tez çalışmalarının tematik analizi. *Türk Akademik Yayınlar Dergisi (TAY Journal)*, 5(1), 1-23.
- Schwab, J. J. (1978). *Science, curriculum, and liberal education: Selected essays*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. and Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Schwarz, C. V. and White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sherin, B. L. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*, 19(4), 479-541.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Simons, H. (2009). *Case study research in practice*. London: SAGE Publications.
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77(1), 20-26.
- Smith, J. P. (2002). The development of students' knowledge of fractions and video-based professional development. In G. C. Leder, E. Forgasz and C. Solar, *International handbook of mathematics education* (ss. 263-280). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Stewart, I. (2012). *In pursuit of the unknown: 17 equations that changed the world*. London: Profile Books.

- Stieff, M. and Uttal, D. H. (2015). How much can spatial training improve STEM achievement? *Educational Psychology Review*, 27(4), 607-615.
- Stohlmann, M., Moore, T. and Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34.
- Sürbahanlı, Y. T. (2018). *Ortaokul 5. sınıflfen bilimleri ders kitabında ve EBA derste yer alan etkinliklerin yeni öğretim programı kapsamında incelenerek alternatif 172 etkinlik geliştirilmesi* (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811-816.
- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2019a). *Ders kitabı inceleme kriterleri*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2019b). *Ders kitapları ve eğitim araçları yönetmeliği*. Ankara: MEB Yayınları.
- Taşdemir, A. (2008). *Matematiksel düşünme becerilerinin ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersindeki akademik başarıları, problem çözme becerileri ve tutumları üzerine etkileri*, Yayınlanmamış doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Tavakol, M. and Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53-55.
- Temel, H. (2018). *Problem çözme stratejilerinin matematiksel süreç becerilerine göre sınıflandırılması* (Doktora tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Temel, H., Dünder, S. ve Şenol, A. (2015). Öğretmenlerin fen ve teknoloji dersinde matematikten kaynaklanan güçlükleri giderme yolları ve fen-matematik entegrasyonunun önemi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(1), 153-176.
- Thompson, P. W. (1994a). Students, functions, and the undergraduate curriculum. In E. Dubinsky, A. H. Schoenfeld, and J. J. Kaput, *Research in collegiate mathematics education, I* (Cilt 4, ss. 21-44). Providence, RI: American Mathematical Society.
- Thompson, P. W. (1994b). The development of the concept of speed and its relationship to concepts of rate. In G. Harel and J. Confrey, *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (ss. 179-234). Albany, NY: State University of New York Press.
- Thompson, P. W. (2011). Quantitative reasoning and mathematical modeling. In L. L. Hatfield, S. Chamberlain and S. Belbase, *New perspectives and directions for collaborative research in mathematics education* (Cilt 1, ss. 33-57). Laramie, WY: University of Wyoming.

- Treagust, D. F. and Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297-328.
- Tuminaro, J. and Redish, E. F. (2007). Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 3(2), 1-22.
- Uçar, C. ve Somuncuoğlu Özerbaş, D. (2017). Ortaokul 5. sınıf fen bilimleri ders kitabının görsel tasarım ilkeleri açısından değerlendirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 25(4), 1373-1388.
- Uşak, M., Özden, M. and Eilks, I. (2022). Assessment methods in science education: Evaluating student attitudes and achievement. *Research in Science Education*, 52(4), 1123-1138.
- Usta, N. and Özdemir, E. (2018). Algebraic thinking across mathematical domains: Connections between geometry and algebra. *Mathematics Education Research Journal*, 30(2), 201-220.
- Uttal, D. H. and Cohen, C. A. (2012). *Spatial thinking and STEM education: When, why, and how*. Amsterdam: Elsevier.
- Uzuntiryaki, E. ve Boz, Y. (2006). Öğretmen adaylarının ders kitabı kullanımıyla ilgili görüşleri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(31), 212-220.
- Ünsal, Y. ve Güneş, B. (2002). Bir kitap inceleme çalışması örneği olarak MEB ilköğretim 4. sınıf fen bilgisi ders kitabına fizik konuları yönünden eleştirel bir bakış. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(3), 107-120.
- Wati, M., Mahtari, S., Hartini, S. and Amelia, H. (2019). A Rasch model analysis on junior high school students' scientific reasoning ability. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 13(7), 141-155.
- Watson, J. M. (2006). *Statistical literacy at school: Growth and goals*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wild, C. and Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-265.
- Wilensky, U. and Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 3-19.
- Windschitl, M., Thompson, J. and Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

- Yeniterzi, B. (2016). *The case of planning and implementing mathematics and science integration in the 8th grade in a public middle school* Yayınlanmamış doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Yi, H. S. (2019). Technology integration in calculus education: Enhancing student engagement and understanding. *Computers & Education*, 142, 103-118.
- Yıldırım, A. (1996). Disiplinler arası öğretim kavramı ve programlar açısından doğurduğu sonuçlar. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(12), 89-94.
- Zandieh, M. (2000). A theoretical framework for analyzing student understanding of the concept of derivative. *MAA Notes*, 54(1), 103–127.
- Zhang, Y., Wang, W., Yi, X., Wang, X. and Huang, J. (2023). The research status of formative assessment in science education. *Journal of Baltic Science Education*, 22(6), 1103-1119.
- Zhou, S., Han, J., Koenig, K., Raplinger, A., Pi, Y., Li, D., Bao, L. and Xie, Q. (2016). Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data, and design on student reasoning in control of variables. *Thinking Skills and Creativity*, 19, 175-187.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı: Galip SAĞLAM

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

Sağlam, G., Şahin, Ş. ve Toy, M. (28–30 Aralık, 2025). Ortaöğretim fen bilimleri derslerinde değişim oranı ve ön hesaplama kavramları: 1954, 1984 ve 2024 yıllarına ait fen bilgisi ders kitaplarının karşılaştırılması. *18th International Istanbul Scientific Research Congress*, İstanbul.

