



**FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN
2061 YILINDA TAŞIMASI GEREKEN
YETKİNLİKLER: BİR DELPHİ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mahmut ÇOBANOĞLU

Danışman

Prof.Dr.Bülent AYDOĞDU

MATEMATİK ve FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ

Haziran 2025

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN 2061 YILINDA TAŞIMASI
GEREKEN YETKİNLİKLER: BİR DELPHİ ANALİZİ

Mahmut ÇOBANOĞLU

Danışman
Prof.Dr.Bülent AYDOĞDU

MATEMATİK ve FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI

Haziran 2025

TEZ ONAY SAYFASI

Mahmut ÇOBANOĞLU tarafından hazırlanan “Fen Bilimleri Öğretmenlerinin 2061 Yılında Taşınması Gereken Yetkinlikler: Bir Delphi Analizi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 18 / 06 / 2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof.Dr.Bülent AYDOĞDU

Başkan : Doç.Dr.Koray KASAPOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi.....

Üye : Prof.Dr.Bülent AYDOĞDU
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

Üye : Prof.Dr.Suat TÜRKOĞUZ
Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi.....

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

18 / 06 / 2025

Mahmut ÇOBANOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN 2061 YILINDA TAŞIMASI GEREKEN YETKİNLİKLER: BİR DELPHİ ANALİZİ

Mahmut ÇOBANOĞLU

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr.Bülent AYDOĞDU

Bu araştırmanın amacı, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterlikleri kapsamlı bir biçimde belirlemektir. Teknolojinin hızlı gelişimi, dijitalleşme ve yapay zekâ uygulamalarının eğitim sistemini dönüştürdüğü günümüzde, öğretmenlerin yalnızca teknik becerilerle değil, aynı zamanda bilimsel, etik ve insani yönleriyle de donanımlı olmaları gerekmektedir. Bu bağlamda, geleceğin eğitim sisteminin ihtiyaç duyacağı fen bilimleri öğretmen profiline dair öngörülerin sistematik biçimde ortaya konması, bu çalışmanın temel gerekçesini oluşturmuştur. Araştırmada karma yöntem deseni benimsenmiş, düzenlenmiş Delphi tekniği temel alınarak nitel ve nicel veriler bir arada toplanmıştır. Süreç, iki tur Delphi uygulamasını içermektedir. İlk olarak, uzmanlarla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla nitel veriler toplanmış ve içerik analiziyle çözümlenmiştir. Bu analiz sonuçları doğrultusunda oluşturulan 5’li Likert tipi anket, ikinci aşamada katılımcılara sunulmuş ve elde edilen nicel veriler SPSS yazılımı ile değerlendirilmiştir. Uzlaşi düzeyinin belirlenmesinde medyan (Mdn), çeyrekler arası genişlik (IQR) ve standart sapma (SS) değerleri dikkate alınmış; uzlaşi için medyan ≥ 4 , IQR ≤ 1 , standart sapma ≤ 1 ve en az %80 uzlaşi oranı kriter olarak benimsenmiştir. Uzlaşi sağlanan 33 yeterlik maddesi tespit edilmiştir.

Araştırmanın katılımcılarını; fen eğitimi, öğretmen eğitimi ve eğitimde gelecek öngörülerini alanlarında uzmanlaşmış akademisyenler ile Millî Eğitim Bakanlığı’na bağlı kurumlarda görev yapan deneyimli fen bilimleri öğretmenleri oluşturmaktadır. Katılımcıların belirlenmesinde, amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan maksimum çeşitlilik örnekleme tercih edilmiştir. Bu yöntem doğrultusunda farklı yaş, uzmanlık

alanı, mesleki unvan ve görev yapılan kuruma göre çeşitlilik gösteren bireylerin görüşlerinden yararlanılarak zengin ve temsil gücü yüksek bir veri seti elde edilmiştir. Katılımcılar bilgi açısından zengin, konuya derinlikli katkı sunabilecek kişiler arasından seçilmiş olup; çoğunluğu Afyonkarahisar olmak üzere Aydın, Gaziantep, Düzce, Denizli ve İstanbul illerinden toplam 24 uzmandan oluşmaktadır.

Delphi süreci sonunda, 2061 yılı fen bilimleri öğretmen yeterlikleri sekiz tema altında toplanmıştır: Teknoloji Kullanım Yeterliliği (5 madde), Disiplinler Arası Çalışma Becerisi (4 madde), Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik (5 madde), Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik (5 madde), Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama (4 madde), Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri (4 madde), Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği (3 madde) ve Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim (3 madde).

Araştırma sonuçları, öğretmen yetiştirme programlarının geleceğin ihtiyaçları doğrultusunda yeniden yapılandırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle teknoloji entegrasyonu, disiplinler arası düşünme, öğrenci odaklı öğretim, bilimsel etik ve öngörüsül düşünme gibi alanlarda öğretmenlerin desteklenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, öğretmen yetiştirme süreçlerinde yenilikçi ve vizyoner yaklaşımlara ağırlık verilmesi, hizmet içi eğitim programlarının yeniden tasarlanması ve öğretmenlerin yaşam boyu öğrenme süreçlerine aktif biçimde katılımının sağlanması önerilmektedir. Elde edilen bulgular, yalnızca mevcut uygulamalara değil, aynı zamanda eğitim sisteminin gelecekteki tasarımına da ışık tutabilecek niteliktedir.

2025, xv + 203 sayfa

Anahtar Kelimeler: Fen bilimleri öğretmeni, Delphi tekniği, öğretmen yetkinlikleri, fütürizm, 2061.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE COMPETENCIES THAT SCIENCE TEACHERS SHOULD POSSESS IN 2061: A DELPHI ANALYSIS

Mahmut ÇOBANOĞLU

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Science Education

Supervisor: Prof.Bülent AYDOĞDU

In The primary aim of this study is to comprehensively identify the competencies that science teachers should possess in the year 2061. In an era marked by rapid technological advancements, digitalization, and the transformative impact of artificial intelligence on education systems, teachers are expected to be equipped not only with technical skills but also with strong scientific, ethical, and humanistic foundations. In this context, systematically forecasting the future profile of science teachers needed by education systems forms the central rationale of this study.

A mixed-methods research design was adopted, and data were collected through both qualitative and quantitative means based on the modified Delphi technique. The process consisted of two Delphi rounds. Initially, qualitative data were gathered through semi-structured interviews conducted with experts, and the data were analyzed through content analysis. Based on the emerging themes, a five-point Likert-type questionnaire was developed and distributed to participants in the second round. The quantitative data obtained were analyzed using SPSS software. In determining consensus levels, median (Mdn), interquartile range (IQR), and standard deviation (SD) were taken into account. The criteria for consensus were set as follows: $Mdn \geq 4$, $IQR \leq 1$, $SD \leq 1$, and a minimum agreement rate of 80%. As a result, 33 competency items were identified through consensus.

The participants of the study consisted of experts in the fields of science education, teacher education, and future studies in education, as well as experienced science

teachers working in public schools affiliated with the Ministry of National Education. Maximum variation sampling, one of the purposive sampling strategies, was employed to ensure a rich and diverse data set by incorporating individuals with different ages, areas of expertise, academic titles, and institutional affiliations. The participants, selected for their in-depth knowledge and potential to contribute meaningfully, comprised 24 experts working primarily in Afyonkarahisar, as well as in the provinces of Aydın, Gaziantep, Düzce, Denizli, and İstanbul.

At the end of the Delphi process, the competencies of science teachers for the year 2061 were categorized under eight themes: Technological Competency (5 items), Interdisciplinary Collaboration Skills (4 items), Student-Centered Teaching and Guidance (5 items), Values Education and Scientific Ethics (5 items), Adaptation to Global and Social Changes (4 items), Digital and Physical Classroom Management Skills (4 items), Assessment and Evaluation Competency (3 items), and Lifelong Learning and Professional Development (3 items).

The findings of the study highlight the need to restructure teacher education programs in line with the demands of the future. It is particularly emphasized that teachers should be supported in areas such as technology integration, interdisciplinary thinking, student-centered pedagogy, scientific ethics, and anticipatory thinking. Accordingly, it is recommended that innovative and visionary approaches be prioritized in teacher preparation processes, in-service training programs be redesigned, and teachers' active engagement in lifelong learning be promoted.

The results obtained in this study offer insights not only into current practices but also into the future design of educational systems.

2025, xv + 203 pages

Keywords: Science teacher, Delphi technique, teacher competencies, futurism, 2061.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın gerçekleşmesinde katkı sunan herkese en içten teşekkürlerimi sunarım. Araştırma konusunun şekillenmesinde bana ilham vererek destek olan ve ilk fikir aşamasında beni cesaretlendiren değerli Doç.Dr.Koray KASAPOĞLU hocama; uzman görüşleri sürecinde her başvurumda nazik tavrıyla beni kırmayıp görüşme ve anket sorularıma dair detaylı açıklamalarıyla büyük katkılar sağlayan Prof.Dr.Tuğba SELANİK AY hocama; yüksek lisans sürecimde ders aldığım, akademik yolculuğumun şekillenmesinde emekleri geçen Prof.Dr.İjlal OCAK ve Doç.Dr.Mehmet ERKOL hocalarıma; isimlerini etik kurallar gereği açıklayamadığım fakat Türkiye'nin dört bir yanından araştırmama katılarak katkı sunan tüm değerli uzmanlara ve öğretmen katılımcılara teşekkür borç bilirim.

Elli yıllık eğitimci deneyimiyle açtığı eğitim kurumları aracılığıyla ülkemizin eğitimine damga vuran ve on binlerce kişinin yetişmesine katkı sunan ve bu işte beni yüreklendiren Zeki ÇOBANOĞLU' na; daha önce benzer bir çalışma yaparak süreci benim için şeffaflaştıran ve kolaylaştıran Tuğçe Zehra KIZILGÖL'e gönülden teşekkür ederim.

Son olarak, araştırmamın her aşamasında akademik rehberliğini sabır ve anlayışla sürdüren, bilimsel bir bakış açısıyla yolumu aydınlatan çok kıymetli danışmanım Prof.Dr.Bülent AYDOĞDU'ya özel olarak teşekkür ederim. Gerek titiz yönlendirmeleri gerekse güven veren desteği ile bu çalışmanın her adımında büyük bir emeği ve katkısı bulunmaktadır.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Mahmut ÇOBANOĞLU
Afyonkarahisar 2025

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem Durumu	6
1.2 Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	7
1.3 Araştırmanın Kapsamı.....	8
1.4 Araştırmanın Sayıltıları	9
1.5 Araştırmanın Sınırlılıkları	10
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	12
2.1 Fen Bilimlerinin Disiplinlerarası Yapısı.....	12
2.1.1 Biyoloji Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri	12
2.1.2 Fizik Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri.....	13
2.1.3 Kimya Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri	13
2.1.4 Astronomi ve Uzay Bilimleri Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri	14
2.1.5 Yer Bilimleri Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri	15
2.1.6 Çevre Bilimleri Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri	16
2.1.7 Teknoloji Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri	18
2.2 Fen Bilimleri Öğretmen Yeterlikleri.....	18
2.2.1 Genel Öğretmen Yeterlikleri.....	18
2.2.2 Fen Bilimleri Öğretmenlerine Özgü Yeterliklerin Önemi	24
2.2.3 Dünyada ve Türkiye’de Fen Bilimleri Öğretmen Yeterlikleri	29
2.2.4 Project 2061 ve 21. Yüzyılda Fen Bilimleri Öğretmeni Yeterliklerine Katkısı	39
2.2.5 Fen Bilimleri Öğretmen Yeterlikleriyle İlgili Araştırmalar	42
2.2.5.1 Ulusal Alanyazın Araştırmaları.....	42
2.2.5.2 Uluslararası Alanyazın Araştırmaları.....	49
2.2.5.3 Genel Bir Bakış	56

3. MATERYAL ve METOT	58
3.1 Araştırma Deseni	58
3.1.1 Karma Yöntem Araştırması	58
3.1.1.1 Keşfedici Ardışık Desen.....	61
3.1.2 Delphi Tekniği	63
3.1.2.1 Düzenlenmiş Delphi (Modified Delphi).....	65
3.1.2.2 Delphi Tekniğinin Aşamaları	66
3.2 Araştırmanın Katılımcıları	67
3.2.1 Katılımcı Sayısının Belirlenmesi	69
3.2.2 Katılımcı Özellikleri.....	70
3.3 Veri Toplama Araçları	74
3.3.1 Birinci Delphi Uygulaması: Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu.....	74
3.3.2 İkinci Delphi Uygulaması: Çevrimiçi Anket Formu.....	76
Şekil 3.3 Çevrimiçi Anket Formundan bir kesit.....	76
3.4 Veri Toplama Süreci.....	77
3.4.1 Birinci Delphi Turunda Verilerin Toplanması.....	77
3.4.2 İkinci Delphi Turunda Verilerin Toplanması.....	78
3.5 Uzlaşma Ölçütü.....	79
3.6 Verilerin Analizi	81
3.6.1 Birinci Delphi Turundan Elde Edilen Verilerin Analizi	82
3.6.2 İkinci Delphi Turundan Elde Edilen Verilerin Analizi	83
3.7 Geçerlik ve Güvenirlik.....	84
3.6.1 Nitel Boyutun Geçerlik ve Güvenirliği	84
3.6.1 Nicel Boyutun Geçerlik ve Güvenirliği	86
3.8 Araştırmacının Rolü.....	87
3.8.1 Araştırmacının Rolünün Önemi	87
3.8.2 Katılımcı Bilgilendirme ve Süreç Takibi	87
3.8.3 Verilerin Toplanması ve Yorumlanmasında Araştırmacının Tarafsızlığı....	88
3.8.4 Gizlilik İlkesine Uyum	88
3.8.5 Veri Toplama Araçlarının Geliştirilmesinde Araştırmacı Etkisi	89
3.8.6 Araştırmacının Yeterlikleri	90
4. BULGULAR	91
4.1 Birinci Delphi Turu.....	91
4.1.1 Teknoloji Kullanım Yeterliliği.....	92

4.1.1.1 Güncel Teknolojileri Takip Etme.....	92
4.1.1.2 Kodlama ve Veri Analizi.....	93
4.1.1.3 Dijital İçerik Üretme Becerisi	94
4.1.1.4 İnternet ve İnternet Araçlarının Güvenli Kullanımı	94
4.1.1.5 Çevrimiçi ve Yüz Yüze Eğitime Dijital Teknolojilerin Entegrasyonu	95
4.1.2 Disiplinlerarası Çalışma Becerisi	96
4.1.2.1 Fen Bilimlerini Diğer Disiplinlerle Bütünleştirebilme.....	96
4.1.2.2 STEM ve S-STEM (Social-STEM) Uygulamaları Gerçekleştirebilme	97
4.1.2.3 Projelerde Ele Alınan Sorunları Gerçek Yaşam Problemlerine Dayandırabilme	97
4.1.2.4 Geleceğin Mesleklerine Yönelik İçerikler Oluşturabilme.....	98
4.1.3 Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik.....	99
4.1.3.1 Bireyselleştirilmiş Öğrenme Süreçlerini Yönetme Becerisi	99
4.1.3.2 Proje Tabanlı ve Deneysel Öğrenmeyi Teşvik Etme	100
4.1.3.3 Öğrencilerin Bireysel Öğrenme Hızlarına Göre Hareket Etmelerini Sağlayabilme	100
4.1.3.4 Eleştirel Düşünme ve Sorgulama Becerilerini Geliştirebilme	101
4.1.3.5 Bilim Okuryazarlığı Becerisi Kazandırabilme	102
4.1.4 Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik.....	102
4.1.4.1 Bilimsel Etik Farkındalığı	103
4.1.4.2 Kültürel / Kültürlerarası Farkındalık Sahibi Olma.....	103
4.1.4.3 Bilimsel Olmayan Bilgiyi Fark Etme.....	104
4.1.4.4 Çevre Bilinci.....	105
4.1.4.5 Dijital Araçları Kullanmada Etik Unsurlar	105
4.1.5 Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama.....	106
4.1.5.1 Kültürel Değerlere Duyarlı Eğitim Verebilme	106
4.1.5.2 Küresel Kriz ve Olayların Etkisini En Hafife İndirgeyebilme	107
4.1.5.3 Sosyal Adalet ve Eşitliğe Önem Verme	108
4.1.5.4 Sosyal Medyanın Etkilerini Yönetebilme	108
4.1.6 Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri	109
4.1.6.1 Senkron ve Asenkron Eğitim Faaliyetlerinde Sınıf Yönetimi Becerisi	109
4.1.6.2 Senkron Derslerde Öğrenci Etkileşimini Teşvik Edebilme	110
4.1.6.3 Yüz Yüze ve Uzaktan Eğitim Faaliyetlerini Yönetebilme	111
4.1.6.4 Senkron ve Asenkron Derslerde Öğrenciyi Güdüleyebilme	111

4.1.7 Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği	112
4.1.7.1 Ölçme Değerlendirmede Dijital Araçlardan Yararlanabilme.....	112
4.1.7.2 Öğrencilerin Gelişimlerini Takip Etmede Dijital Araçları İşe Koşabilme	113
4.1.7.3 Üst Düzey Düşünme Becerisini Ölçmeye Dönük Teknolojilerden Yararlanabilme	114
4.1.8 Teknoloji Kullanım Yeterliliği.....	115
4.1.8.1 Dijital Araçları Etkili Kullanarak Alanındaki Gelişmeleri Takip Edebilme.....	115
4.1.8.2 Dijital Araçlardan Yararlanarak ya da Mesleki Faaliyetleri ile Meslektaşlarıyla İş Birliği Yapabilme.....	116
4.1.8.3 Her Geçen Gün Değişen Öğrenci Özellik ve Gereksinimlerini Dikkate Alarak Yeni Yöntem ve Yaklaşımları Kullanabilme	116
4.2 Birinci Delphi Turu Sonucunda Elde Edilen Yeterlik Maddeleri.....	117
4.3 İkinci Delphi Turu	119
4.3.1 Teknoloji Kullanım Yeterliliği.....	119
4.3.2 Disiplinler Arası Çalışma Becerisi.....	122
4.3.3 Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik.....	123
4.3.4 Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik.....	126
4.3.5 Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama.....	128
4.3.6 Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri	129
4.3.7 Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği	131
4.3.8 Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim.....	132
4.4 Delphi Sürecinin Sonlandırılması	133
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	135
5.1 Tartışma ve Sonuç	135
5.1.1 Teknoloji Kullanım Yeterliliği Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç.....	135
5.1.2 Disiplinler Arası Çalışma Becerisi Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç ..	141
5.1.3 Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç	144
5.1.4 Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç ...	148
5.1.5 Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç.....	153
5.1.6 Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç.....	158
5.1.7 Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç	162

5.1.8 Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç.....	166
5.2 Öneriler	170
5.2.1 Uygulayıcılara ve Araştırmacılara Yönelik Öneriler	171
5.2.2 Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler	172
6. KAYNAKLAR.....	173
ÖZGEÇMİŞ.....	188
EKLER	189



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

$\bar{x}$	Aritmetik ortalama
-----------	--------------------

Kısaltmalar

AAAS	American Association for the Advancement of Science (Amerikan Bilimin İlerlemesi Derneği)
DTALE	Designing Teaching and Learning Environments (Öğretim ve Öğrenme Ortamlarını Tasarlama)
et al.	Et alii – ve diğerleri (Latince kökenli, çok yazarlı çalışmalarda kullanılır)
ICT	Information and Communication Technology (Bilgi ve İletişim Teknolojisi)
MEB	Millî Eğitim Bakanlığı
NABT	National Association of Biology Teachers (Ulusal Biyoloji Öğretmenleri Derneği)
NSTA	National Science Teaching Association (Ulusal Fen Öğretimi Derneği)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
PCK	Pedagogical Content Knowledge (Pedagojik Alan Bilgisi)
PETIS	Preservice Elementary Teacher Interview Schedule (Fen öğretimi yeterlikleri için görüşme çizelgesi)
PISA	Programme for International Student Assessment (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı)
PLC	Professional Learning Community (Profesyonel Öğrenme Topluluğu)
RAM	RAND/UCLA Appropriateness Method
SFAA	Science for All Americans (Tüm Amerikalılar için Fen Eğitimi, AAAS tarafından geliştirilen belge)
SMK	Science Matter Knowledge (Bilimsel İçerik Bilgisi)
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (İstatistiksel Veri Analiz Programı)
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik)
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü)
vb.	Ve benzeri
vd.	Ve diğerleri
vs.	Ve saire
YÖK	Yükseköğretim Kurulu
YEĞİTEK	Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 UNESCO BİT Öğretmen Yeterlik Çerçevesi Sürüm 3 Görseli (UNESCO, 2018) 'den Türkçe' ye uyarlanmıştır.	33
Şekil 2.2 Öğrenci ve okul özellikleri dikkate alınmadan önce ve sonra, öğretmen yönlendirmeli fen öğretiminin fen başarısı üzerindeki etkisi (OECD 2018) 'den Türkçe' ye uyarlanmıştır.	34
Şekil 2.3 Sınıf disiplini düzeyine göre sorgulamaya dayalı fen öğretiminin fen başarısı üzerindeki etkisi (OECD 2018) 'den Türkçe' ye uyarlanmıştır.	35
Şekil 2.4 Öğrenci ve okul özellikleri dikkate alınmadan önce ve sonra, uyarlanabilir fen öğretimi endeksinde bir birimlik artışın fen başarısına etkisi (OECD 2018) 'den Türkçe' ye uyarlanmıştır.	36
Şekil 2.5 Halley Kuyruklu Yıldızı ve AAAS Project 2061 logosu. AAAS Project 2061 (2010)	40
Şekil 2.6 Bir öğretmenin içinde bulunduğu etkileşimler. (Naumescu, 2008)	50
Şekil 2.7 Öğretmen yeterlikleri. Subandi ve ark. (2020, s. 1536)'dan Türkçe'ye uyarlanmıştır.....	54
Şekil 3.1 Üç temel araştırma topluluğunun (nitel, nicel ve karma yöntem) bakış açılarını temsil eden çizim. Görsel, Jason Love tarafından çizilen orijinal görselden uyarlanarak Türkçeye çevrilmiştir (Love, 2020, Tashakkori, Johnson & Teddlie, 2020, s. 28).	60
Şekil 3.2 Keşfedici Ardışık Karma Yöntem Deseni. Görsel, Creswell'in Karma Yöntem Araştırmalarına Kısa Bir Giriş (2. Baskı, 2022) adlı eserindeki Şekil 5.3 temel alınarak Türkçeye uyarlanmıştır.	62
Şekil 3.3 Çevrimiçi Anket Formundan bir kesit.....	76
Şekil 3.4 Panelistlerin yanıtlarının dağılımı ve interquartile aralığı (IQR). (Gordon, 1994'ten uyarlanmıştır)	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programında Mevcut ve Güncellenen Kredi ile Ders Saati Karşılaştırması (Yükseköğretim Kurulu, 2018).....	38
Çizelge 2.2 Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programında Ders Alanlarına Göre Yüzdelik Dağılım (Yükseköğretim Kurulu, 2018).....	39
Çizelge 3.1 Araştırma Sürecinde Delphi Yönteminin Uygulamaları.....	65
Çizelge 3.2 Katılımcıların Cinsiyete Göre Dağılımı.....	71
Çizelge 3.3 Katılımcıların Unvana Göre Dağılımı.....	71
Çizelge 3.4 Katılımcıların Görev Yerine Göre Dağılımı (Kurum Türü)	72
Çizelge 3.5 Katılımcıların Uzmanlık Alanına Göre Dağılımı (Bazı katılımcıların birden fazla uzmanlık alanı olabilir.).....	72
Çizelge 3.6 Katılımcıların Görev Yaptıkları İllere Göre Dağılımı	73
Çizelge 3.7 Katılımcıların Türkiye'nin Coğrafi Bölgelerine Göre Dağılımı	73
Çizelge 3.8 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları	75
Çizelge 3.9 Birinci Tur Görüşme Süreleri ve Görüşme Şekilleri.....	78
Çizelge 4.1 Güncel Teknolojileri Takip Etme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	93
Çizelge 4.2 Kodlama ve veri analizi Koduna İlişkin Bazı Görüşler	93
Çizelge 4.3 Dijital İçerik Üretme Becerisine Koduna İlişkin Bazı Görüşler	94
Çizelge 4.4 İnternet ve İnternet Araçlarının Güvenli Bir Şekilde Kullanımı Koduna İlişkin Bazı Görüşler	95
Çizelge 4.5 Dijital Teknolojilerin Entegrasyonu Koduna İlişkin Bazı Görüşler	95
Çizelge 4.6 Fen Bilimlerini Diğer Disiplinlerle Bütünleştirebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	96
Çizelge 4.7 STEM ve S-STEM Uygulamaları Koduna İlişkin Bazı Görüşler.....	97
Çizelge 4.8 Gerçek Yaşamla İlişkilendirme Koduna İlişkin Bazı Görüşler.....	98
Çizelge 4.9 Geleceğin Mesleklerine Yönelik İçerikler Oluşturabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler.....	98
Çizelge 4.10 Bireyselleştirilmiş Öğrenme Süreçlerini Yönetme Becerisi Koduna İlişkin Bazı Görüşler.....	99
Çizelge 4.11 Proje Tabanlı ve Deneysel Öğrenmeyi Teşvik Etme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	100
Çizelge 4.12 Öğrencilerin Bireysel Öğrenme Hızlarına Göre Hareket Etmelerini Sağlayabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	101
Çizelge 4.13 Eleştirel Düşünme ve Sorgulama Becerilerini Geliştirebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	101

Çizelge 4.14 Bilim Okuryazarlığı Becerisi Kazandırabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	102
Çizelge 4.15 Bilimsel Etik Farkındalığı Koduna İlişkin Bazı Görüşler	103
Çizelge 4.16 Kültürel / Kültürlerarası Farkındalık Sahibi Olma Koduna İlişkin Bazı Görüşler	104
Çizelge 4.17 Bilimsel Olmayan Bilgiyi Fark Etme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	104
Çizelge 4.18 Çevre Bilinci Koduna İlişkin Bazı Görüşler	105
Çizelge 4.19 Dijital Araçları Kullanmada Etik Unsurlar Koduna İlişkin Bazı Görüşler	106
Çizelge 4.20 Kültürel Değerlere Duyarlı Eğitim Verebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	107
Çizelge 4.21 Küresel Kriz ve Olayların Etkisini En Hafife İndirgeyebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	107
Çizelge 4.22 Sosyal Adalet ve Eşitliğe Önem Verme Koduna İlişkin Bazı Görüşler..	108
Çizelge 4.23 Sosyal Medyanın Etkilerini Yönetebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	109
Çizelge 4.24 Senkron ve Asenkron Eğitim Faaliyetlerinde Sınıf Yönetimi Becerisi Koduna İlişkin Bazı Görüşler	110
Çizelge 4.25 Senkron Derslerde Öğrenci Etkileşimini Teşvik Edebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	110
Çizelge 4.26 Yüz Yüze ve Uzaktan Eğitim Faaliyetlerini Yönetebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	111
Çizelge 4.27 Senkron ve Asenkron Derslerde Öğrenciyi Güdüleyebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	112
Çizelge 4.28 Ölçme Değerlendirmede Dijital Araçlardan Yararlanabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	113
Çizelge 4.29 Öğrencilerin Gelişimlerini Takip Etmede Dijital Araçları İşe Koşabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	113
Çizelge 4.30 Üst Düzey Düşünme Becerisini Ölçmeye Dönük Teknolojilerden Yararlanabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	114
Çizelge 4.31 Dijital Araçları Etkili Kullanarak Alanındaki Gelişmeleri Takip Edebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	115
Çizelge 4.32 Dijital Araçlardan Yararlanarak ya da Mesleki Faaliyetleri ile Meslektaşlarıyla İş Birliği Yapabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	116
Çizelge 4.33 Her Geçen Gün Değişen Öğrenci Özellik ve Gereksinimlerini Dikkate Alarak Yeni Yöntem ve Yaklaşımları Kullanabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler	117
Çizelge 4.34 Birinci Delphi Turu Sonucunda Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	118
Çizelge 4.35 İkinci Delphi Turu Sonucunda Teknoloji Kullanım Yeterliliği Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	120

Çizelge 4.36 İkinci Delphi Turu Sonucunda Disiplinler Arası Çalışma Becerisi Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	122
Çizelge 4.37 İkinci Delphi Turu Sonucunda Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	124
Çizelge 4.38 İkinci Delphi Turu Sonucunda Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	126
Çizelge 4.39 İkinci Delphi Turu Sonucunda Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	128
Çizelge 4.40 İkinci Delphi Turu Sonucunda Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	130
Çizelge 4.41 İkinci Delphi Turu Sonucunda Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	131
Çizelge 4.42 İkinci Delphi Turu Sonucunda Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri	132

1. GİRİŞ

“Geleceğin güvencesi sağlam temellere dayalı bir eğitime, eğitim ise öğretmene dayalıdır.”

Mustafa Kemal ATATÜRK

Alvin Toffler (1980)'in, Üçüncü Dalga adlı eseri insanlık tarihindeki büyük dönüşüm süreçlerini anlamak için önemli bir çerçeve sunar. Toffler insanlık tarihini adına dalga dediği üç aşamaya ayırır. Birinci dalgayı tarımsal devrimle, ikinci dalgayı ise sanayi devrimiyle ilişkilendirir ve her iki dalganın, önceki kültürleri ortadan kaldırarak yeni yaşam biçimleri inşa ettiğini belirtir. Ancak günümüzde, tarihsel değişimlerin hızının arttığına dikkat çeker ve üçüncü dalganın birkaç on yıl içinde tamamlanabileceğini öngörür. Bu hız, teknolojik gelişmelerin, özellikle bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemelerin etkisiyle artmaktadır. Toffler, bu dönüşümün yalnızca teknolojik bir devrimle sınırlı kalmadığını, toplumsal yapılar, kültürel normlar ve bireylerin yaşam biçimlerinde de köklü değişiklikler yarattığını vurgular. Üçüncü Dalga, yeni bir uygarlık biçiminin temelini atmakta ve toplumların hızla değişen dinamiklerine etki etmektedir. Bu değişim süreci, insanlık tarihinin en hızlı evrimini işaret ederken, yeni bir uygarlık düzeyine ulaşmak için hem fırsatlar hem de zorluklar sunmaktadır.

1990'lı yıllarda, bilgisayarlar, yazılımlar, iletişim ağları ve dijital sistemler gibi bilgi ve iletişim teknolojilerine yapılan harcamaların, tarım, madencilik, inşaat, imalat ve enerji gibi sanayi üretim yatırımlarını ilk defa aşmasıyla insanlık Bilgi Çağı'na adım atmış, bu dönüşüm 21. yüzyılda ekonominin en büyük gücünün fiziksel üretimden ziyade bilginin işlenmesi, yönetilmesi ve paylaşılması olacağını ortaya koymuştur (Trilling ve Fadel 2009). Bu yeni çağ ile, insan zihni ilk kez üretici konumuna yükselerek, sadece üretim sisteminin belirleyici bir unsuru olmanın ötesine geçebilmiştir (Castells 2010). Dijital teknolojinin ortaya çıkışı, günlük rutinleri ve mesleki uygulamaları köklü bir şekilde değiştirerek bilginin erişimi, işlenmesi ve kullanımı açısından insan çalışmasının neredeyse her alanını yeniden şekillendirmiştir (Mishra ve Koehler 2006). Yaşanan bu değişimler, eğitimi önemli ölçüde etkilemiş ve dönüştürmüştür. Sanayi toplumundan

bilgi toplumuna geçiş, öğretmenlerin tekelinde olan “bilgi”yi herkesin erişimine açarak, eğitimin yalnızca okullar ve öğretmenlerle sınırlı kalmasını engellemiş; dergi, gazete, sinema, radyo, televizyon, internet gibi yeni bilgi kaynakları ve sivil toplum örgütleri de eğitici bir rol üstlenerek öğretmenlik mesleğinin geleneksel otoritesine meydan okuyan bir yapı oluşturmuştur (Özcan 2011).

Bilgi Çağı’na geçişle birlikte toplumda ve ekonomide köklü değişimler yaşanmış, bu değişimler eğitimi de doğrudan etkilemiştir. Siemens (2005), bağlantıcılığı öğrenmenin doğasını yeniden tanımlayan bir model olarak sunar ve bilgi edinme sürecinde bağlantıların kritik rolünü vurgular. Ona göre, öğrenme artık bireyin zihinsel kapasitesiyle sınırlı değildir; bunun yerine, bireyin bilgiye erişim yeteneği ve ağlar aracılığıyla bağlantılar kurması daha büyük bir önem taşır. “Boru hattının içindeki içerikten ziyade borunun kendisi daha önemlidir” anlayışıyla, bireylerin mevcut bilgiye sahip olmaktan çok, değişen bilgi ortamında ihtiyaç duydukları bilgilere ulaşabilme becerisi ön plana çıkar. Siemens, geleneksel öğrenme yaklaşımlarının bu dönüşümü tam olarak yansıtamadığını belirtirken, bağlantıcılığın özellikle dijital çağda bireylerin sürekli değişen bilgi ekosisteminde başarılı olmaları için gereken beceri ve stratejileri sunduğunu ifade eder.

Bonk ve Graham (2006), teknolojik yeniliklerin eğitim ve ğretim süreçlerini dönüştürdüğünü vurgulayarak, dijital teknolojilerin öğrenme ortamlarına sunduğu geniş imkanlara dikkat çeker. Günümüz dünyasında teknolojinin hızla gelişmesi, daha etkili öğrenme deneyimleri oluşturma, erişimi artırma ve maliyetleri düşürme gibi pek çok fırsatı beraberinde getirmektedir. Yazarlar, ğrenme sistemlerinin gelecekte yüz yüze eğitim ile bilgisayar aracılı çevrimiçi öğrenme deneyimlerini harmanlayan esnek ve yenilikçi modeller sunmasının kaçınılmaz olduğunu ifade etmektedir. Bu bağlamda, teknolojinin sunduğu olanakların eğitimde daha etkin kullanılması, öğrenme süreçlerinin daha kapsayıcı ve erişilebilir hale gelmesini sağlayacaktır.

Redecker ve Punie (2017), dijital teknolojilerin eğitimde ğrenci merkezli pedagojiyi destekleyerek öğrenme sürecine aktif katılımı artırma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu teknolojiler, öğrencilerin keşfetme, problem çözmeye, yaratıcı

düşünme ve bağlantılar kurma süreçlerini kolaylaştırarak öğrenme deneyimlerini zenginleştirebilir. Ayrıca, kişiselleştirilmiş eğitim ve sınıf farklılaştırmasını destekleyerek öğrencilerin ilgi alanlarına ve bireysel öğrenme ihtiyaçlarına uygun etkinlikler sunabilir. Ancak, dijital beceri ve teknolojiye erişim konusundaki eşitsizlikleri derinleştirmemek ve özel eğitim gereksinimi olan bireyler için erişilebilirliği sağlamak kritik bir gerekliliktir.

Prensky (2001) ise dijital yerliler olarak adlandırdığı yeni nesil öğrencilerinin öğrenme biçimlerinin köklü bir değişime uğradığını vurgulamaktadır. Dijital teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte, öğrenciler artık bilgiye farklı şekillerde erişmekte, bilgiyi işleme süreçleri geçmiş nesillerden önemli ölçüde ayrılmaktadır. Bilgisayarlar, video oyunları, internet ve mobil iletişim araçları, onların düşünme biçimlerini yeniden şekillendirmiş ve geleneksel eğitim sisteminin sunduğu yöntemlerle uyumsuzluk yaratmıştır. Bu durum, eğitimcilerin öğretim stratejilerini gözden geçirmesini ve yeni teknolojilere uyum sağlayarak dijital yerlilere hitap edebilecek pedagojik yaklaşımlar geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Eğitim sisteminin bu dönüşüme ayak uyduramaması, öğrencilerin ilgisini kaybetmesine ve öğrenme süreçlerinin verimsiz hale gelmesine neden olabilmektedir.

Shulman (1986), öğretmen rolünün zaman içinde nasıl değiştiğini inceleyerek, geçmişte öğretmen yeterliliğinin büyük ölçüde konu bilgisi ile değerlendirildiğini vurgulamaktadır. 19. yüzyılın öğretmen sınavlarında, adayların matematik, dilbilgisi, tarih ve fen gibi alanlardaki bilgi düzeyleri esas alınmış, pedagojik bilgiye ise oldukça sınırlı bir yer verilmiştir. Öğretmenlerin mesleki yeterliliği, öğrettikleri konuya hâkimiyetleriyle ölçülmüş, öğretim yöntemleri ve sınıf yönetimi gibi pedagojik beceriler ikincil konumda değerlendirilmiştir. Shulman, bu yaklaşımın öğretmenliğin yalnızca bilgi aktaran bir meslek olduğu varsayımına dayandığını ve öğretim süreçlerine dair bilgi ve becerilerin öneminin göz ardı edildiğini belirtmektedir. Günümüzde ise öğretmenlik mesleği, yalnızca konu bilgisini aktarmaktan öte, öğrencilerin öğrenme süreçlerini yönlendirme, bireysel farklılıklara uygun öğretim stratejileri geliştirme ve eleştirel düşünme becerilerini destekleme gibi çok boyutlu sorumluluklar içeren bir role dönüşmüştür.

Fullan (2013b), bir makalesinde "yeni pedagoji"nin, öğrenciler ve öğretmenler arasındaki öğrenme ortaklığına dayalı olarak şekillendiğini vurgulamakta ve Fullan (2013a), etkili bir öğrenme çözümünün dört temel kriteri karşılması gerektiğini öne sürdüğünü belirtmektedir. Buna göre, öğrenme süreci hem öğrenciler hem de öğretmenler için karşı konulamaz derecede ilgi çekici olmalı, verimli ve erişimi kolay bir yapıya sahip olmalı, teknolojik olarak her yerde ve sürekli erişilebilir olmalı ve gerçek yaşam problem çözümüne dayanmalıdır. Bu unsurların bir araya gelmesiyle yeni pedagojinin öğrencilerin öğrenme deneyimini daha anlamlı ve etkili hale getireceğini söyleyebiliriz.

Darling-Hammond (2006)'a göre öğretmenlerin, her öğrencinin kişiliğini ve ruh halini anlayarak onlara uygun bir destek sağlama sorumluluğu bulunmaktadır. Ayrıca, sınıf etkinliklerini etkin bir şekilde düzenleyip yönetebilme, iletişimde güçlü olma, teknolojiyi eğitimde etkili bir şekilde kullanma ve öğrendiklerini gündelik hayata yansıtma ve bunu sürekli olarak gözden geçirip iyileştirme becerilerine sahip olmaları gerekir. Darling-Hammond (2006) ayrıca, güçlü öğretimin çağdaş toplumda giderek daha önemli hale geldiğini vurgular. Hayatta kalmak ve başarılı olmak için bireylerin daha fazla bilgi ve beceriye ihtiyaç duyması, öğretmenlerin üzerindeki beklentilerin arttığı bir durumu ortaya çıkarmıştır. Eskiden öğretmenlerden sadece küçük bir azınlığı üst düzey düşünme becerilerine hazırlamaları beklenirken, bugün tüm öğrencilerin bu becerilerle donatılması beklenmektedir.

Eğitim, toplumların değişen ihtiyaçlarına uyum sağlamak için sürekli dönüşen bir yapıya sahiptir ve bu dönüşüm, teknolojik araçların kullanımını da kaçınılmaz hale getirmiştir. Selwyn (2022), eğitim ve teknolojinin etkileşiminin yalnızca 20. yüzyıla özgü olmadığını, aksine binlerce yıl öncesine dayandığını vurgulamaktadır. MÖ 2700 civarında Mezopotamya'da kullanılan abaküs, o dönemin öğrenme gereksinimlerine yanıt verirken, sonraki yüzyıllarda farklı teknolojik araçlar eğitim süreçlerini şekillendirmiştir. MÖ 5. yüzyıldaki Sofistler, Orta Çağ bilginleri ve 18. ile 19. yüzyılın toplumsal reformcuları, eğitimi daha etkili hale getirmek için yeni yöntemler ve araçlar geliştirmiştir. Abaküs, yazı tahtası, hornbook ve ders kitapları gibi araçlar, bilgiye erişimi kolaylaştırarak öğrenme süreçlerini sistematik ve anlamlı hale getirmiştir. Bu

durum, eğitimin değişen toplumsal, kültürel ve bireysel ihtiyaçlara yanıt vermesi için teknolojik gelişmelerin bir gereklilik olarak ortaya çıktığını göstermektedir.

Geleceğin eğitim projeksiyonu, yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının yaygınlaşmasıyla birlikte öğretmenlerin rolünün köklü bir değişime uğrayacağını göstermektedir. Luckin (2018), Australian Broadcasting Corporation (ABC) tarafından yayımlanan The AI Race programını referans göstererek, yapay zekânın bireyler için bir "Iron Man kostümü" gibi işlev görebileceğini öne sürmektedir. Bu benzetme, AI'nin insanları daha güçlü hale getirebileceği fikrini vurgulamaktadır (İnt.Kyn.1). Luckin' e göre eğitimin, AI çağında başarılı olmak için bireylere hangi bilgi ve becerilerin kazandırılması gerektiğini net bir şekilde belirlemesi gerekmektedir. Bununla birlikte, eğitimcilerin de bu yeni müfredatı geliştirebilecek donanıma sahip olmaları şarttır. Dolayısıyla öğretmenlerin, yeni bilgi ve becerileri kazanmalarını sağlayacak mekanizmalar geliştirilmelidir. Gelecekte eğitim, yalnızca akademik bilgi aktarmakla kalmayıp, bireyleri yapay zekâ ile iş birliği içinde çalışabilecek, eleştirel düşünebilen ve sürekli öğrenebilen bireyler olarak yetiştirmeyi amaçlamalıdır.

Eğitimde teknolojinin ilerlemesi, öğretim yöntemlerinin evriminde önemli bir rol oynamıştır. Yapay zekanın eğitimdeki uygulamaları, bu evrimin erken dönemlerinden itibaren şekillenmeye başlamıştır. Sidney Pressey ve B. F. Skinner'ın çalışmalarına dayanan bu ilk izler, gelecekte eğitim ve öğretmenin nasıl bir yol alacağına dair önemli ipuçları sunmaktadır. Pressey, çoktan seçmeli testlerin öğrenmeyi desteklemek için mekanik bir cihaz geliştirmiştir. Bu cihaz, etrafına soru listesi basılı ve doğru cevapları temsil eden delikler bulunan bir kartın sarıldığı dönen bir tambur içermektedir. Öğrenciler, her soru için cevabını seçmek üzere cihazdaki tuşlardan birine basar ve cihaz, doğru cevabı verene kadar bir sonraki soruya geçmelerine izin vermemektedir. Pressey, bu makinelerin öğrencilere anında geri bildirim sunarak öğrenmeyi pekiştireceğini ve öğretmenlerin sınav puanlama gibi zaman alıcı görevlerden kurtulmalarını sağlayarak daha fazla etkileşimde bulunmalarına olanak tanıyacağını savunmuştur (Holmes, Bialik, ve Fadel 2019).

Eğitim, değişen dünyanın ekonomik, sosyal ve teknolojik dönüşümlerine uyum

sağlamak zorundadır. Artan bağlantılılık ve daha eğitilmiş bireylerin etkisiyle küresel ekonomi ve toplum, dijital dönüşüm süreciyle birlikte daha karmaşık ve hızlı bir değişim göstermektedir. Bu durum, eğitimi, modern dünyanın dinamiklerini daha iyi kavrayacak şekilde yeniden tasarlamayı zorunlu kılmaktadır. Bireylerin kimlik gelişimi ve topluma entegrasyonunda önemli bir rol oynamaya devam edebilmesi için eğitim sistemlerinin hem içerik hem de sunum biçimleri açısından yenilikçi yaklaşımlar geliştirmesi gerekmektedir. Dijitalleşmenin sunduğu dönüştürme, bağlama ve güçlendirme olanakları ise eğitim sistemleri için hem büyük bir fırsat hem de acil bir eylem alanı oluşturmaktadır (OECD 2019).

1.1 Problem Durumu

Günümüzde zamanın hızla değişmesi ve teknolojinin, özellikle yapay zekâ ile dijital öğretim yöntemlerinin eğitime olan etkisinin artması, eğitim alanında köklü dönüşümlere yol açmaktadır. Pandemi süreciyle birlikte bu değişimler daha da belirgin hale gelmiş, eğitim sistemleri ve öğretmenlerin rolleri yeniden tartışmaya açılmıştır. Bu dönüşüm, fen bilimleri öğretmenlerinin gelecekteki yeterliklerinin yeniden tanımlanması ihtiyacını doğurmuştur. Teknolojinin eğitimde başat bir rol oynaması beklenirken, aynı zamanda insan yönümüzü de dikkate alan bütüncül bir eğitim yaklaşımının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Fen bilimleri, bilimsel düşüncenin temelini oluşturması ve bireylerin eleştirel düşünme, bilimsel okuryazarlık ve teknolojik okuryazarlık becerilerini geliştirmede kritik bir alan olması bakımından önemlidir. Türkiye gibi bilim ve teknolojiye yatırım yaparak kalkınmayı hedefleyen ülkeler için fen bilimleri öğretmenlerinin bu değişime ayak uyduracak yeterliklere sahip olması büyük bir gerekliliktir. Bilimin doğasını bilen, bilimsel yöntemle düşünebilen bireylerin yetişmesi, sadece bireysel gelişim için değil, aynı zamanda ülkenin uzun vadeli ilerlemesi ve sürdürülebilir kalkınması için de hayati önem taşımaktadır.

Dünya ölçeğinde ise, fen bilimleri eğitimi ve öğretmenlerinin yeterliklerinin geliştirilmesi, insanlığın kaynak olarak gördüğü değil, yaşanabilir ve sürdürülebilir bir

ev olarak kabul ettiği bir dünyaya ulaşmada temel unsurlardan biridir. Bilimin doğasını kavramış, attığı her adımın küresel etkilerinin farkında olan, bilinçli, hassas ve duyarlı dünya vatandaşlarının yetiştirilmesi, yalnızca eğitimcilerin değil, toplumların ve uluslararası iş birliklerinin ortak sorumluluğudur.

Bu bağlamda, fen bilimleri  ğretmenlerinin 2061 yılında taşması gereken yeterliklerin belirlenmesi, geleceğin eğitim sisteminin şekillenmesi için kritik bir adımdır. Bu  alışma, teknolojinin hızlı gelişimi, dijitalleşme ve yapay zekanın eğitimdeki etkileri ışığında, fen bilimleri  ğretmenlerinin hem teknolojik beceriler hem de bilimsel ve etik değerlere dayalı insan  yönlerinin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Araştırmada  ne çıkan kavramlar arasında bilimin doğası, bilimsel okuryazarlık, dijital ve teknolojik okuryazarlık, eleştirel düşünme ve yapay zekâ yer almakta; bunların fen bilimleri  ğretmenlerinin yetkinlik profilinde vazgeçilmez unsurlar olduğu vurgulanmaktadır.

1.2 Araştırmanın Amacı ve  nemi

Bu araştırmanın temel amacı, 2061 yılı perspektifinde fen bilimleri  ğretmenlerinin sahip olması gereken yetkinlikleri kapsamlı ve çok boyutlu bir yaklaşımla ortaya koymaktır. Günümüz dünyasında yaşanan hızlı teknolojik ilerlemeler, toplumsal dönüşümler ve eğitim sistemlerindeki paradigmalardan değişimi, öğretmenlik mesleğini de yeniden tanımlama gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Özellikle fen bilimleri eğitimi, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin doğrudan etkilediği, dolayısıyla  ğretmen yeterliklerinin sürekli olarak güncellenmesini zorunlu kılan alanların başında gelmektedir.

Bu bağlamda araştırma, geleceğin eğitim ortamlarında görev yapacak fen bilimleri  ğretmenlerinin; bilgi, beceri, tutum ve değerler boyutunda hangi yetkinliklere sahip olmaları gerektiğini, sistematik ve öngörülü bir yaklaşımla belirlemeyi amaçlamaktadır. Söz konusu yeterliklerin yalnızca bireysel düzeyde değil, aynı zamanda eğitim politikaları,  ğretmen yetiştirme programları ve ulusal eğitim vizyonu üzerinde de etkili olacağı öngörülmektedir.

Araştırmanın ortaya koyacağı bulguların, özellikle Türkiye bağlamında fen bilimleri eğitiminin niteliğini artırmaya yönelik stratejilere katkı sunması beklenmektedir. Bu kapsamda; öğretmenlerin profesyonel gelişim süreçlerinin güçlendirilmesi, eğitim sisteminin çağın gerekleri ve uluslararası standartlarla uyumlu hâle getirilmesi, bilimsel okuryazarlığın toplumsal düzeyde yaygınlaştırılması gibi alanlarda çalışma sonuçlarının yol gösterici olması hedeflenmektedir.

Ayrıca bu araştırma, yalnızca gelecekte ihtiyaç duyulacak öğretmen yeterliklerinin listelenmesi ile sınırlı kalmayacaktır. Aynı zamanda, fen bilimleri eğitiminde sürdürülebilir, yenilikçi ve esnek politika önerilerinin geliştirilmesine zemin hazırlayacak; öğretmen, öğrenci ve eğitim ortamları arasındaki etkileşimi güçlendirecek kapsamlı bir vizyon sunmayı da amaçlamaktadır.

Böylelikle; teknolojik yeterlik, pedagojik beceri, bilimsel düşünme ve eleştirel bakış açısıyla donatılmış öğretmen profillerinin oluşturulması sağlanarak, öğrencilerin de 21. yüzyıl ve ötesinin gerektirdiği yetkinliklerle yetişmeleri mümkün olacaktır. Araştırmanın, 2061 yılı için öngörülen eğitim ortamlarına bilimsel temelli bir hazırlık sürecine katkı sunması, ulusal ve uluslararası düzeyde rekabet gücü yüksek bireylerin yetiştirilmesine hizmet etmesi beklenmektedir.

1.3 Araştırmanın Kapsamı

Bu araştırma, 2061 yılına yönelik fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yetkinliklerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Çalışmanın kapsamı hem içerik yönünden hem de uygulama boyutuyla sınırlandırılmıştır. Araştırma, Türkiye'deki eğitim sistemi bağlamında, geleceğe dönük öğretmen yeterliklerini tartışmak üzere yapılandırılmıştır. Çalışmada ağırlıklı olarak fen bilimleri eğitimi, öğretmen yeterlikleri, bilimin doğası, bilimsel okuryazarlık, teknolojik/dijital okuryazarlık, yapay zekâ destekli öğretim ve geleceğe yönelik eğitim öngörülerini temel kavramlar olarak ele alınmıştır.

Araştırma kapsamında yalnızca fen bilimleri öğretmenliği yeterlikleri değerlendirilmiştir. Diğer branş öğretmenlerine veya genel öğretmen yeterliklerine yönelik bir değerlendirme bu çalışmanın kapsamında değildir. Ayrıca araştırma, sadece

öğretmenlik mesleğine yönelik yeterlikleri belirlemeye odaklanmakta; öğretim programları, öğrenci yeterlikleri veya okul iklimi gibi diğer faktörler bu bağlamda ele alınmamaktadır.

Araştırmanın veri kaynağını, fen bilimleri eğitimi, öğretmen eğitimi ve eğitimde gelecek öngörülerini alanlarında uzmanlaşmış akademisyenler ile Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı okullarda görev yapan deneyimli fen bilimleri öğretmenleri oluşturmaktadır. Katılımcılar, maksimum çeşitlilik örnekleme yöntemi ile seçilmiş olup, çoğunluğu Afyonkarahisar olmak üzere Aydın, Gaziantep, Düzce, Denizli ve İstanbul illerinde görev yapmakta olan toplam 24 uzmandan oluşmaktadır.

Araştırma, düzenlenmiş Delphi tekniği ile yürütülmüş ve veri toplama süreci 2024 Aralık ile 2025 Mart ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Veriler, nitel ve nicel boyutları içeren karma yaklaşımla analiz edilmiştir. Delphi süreci kapsamında iki tur veri toplanmış ve uzman görüş birliği temel alınarak geleceğe yönelik yeterlikler yapılandırılmıştır.

Araştırma yalnızca Delphi yöntemiyle sınırlı olup, örneklemin büyüklüğü ve coğrafi dağılımı bağlamında genel evrene genellenebilirlik iddiası taşımamaktadır. Bununla birlikte, çalışmanın bulgularının, gelecekte yapılacak eğitim politikası planlamalarında, öğretmen yetiştirme programlarının yeniden yapılandırılmasında ve fen bilimleri eğitiminin fütüristik boyutta ele alınmasında katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

1.4 Araştırmanın Sayıtları

- Katılımcıların görüşme sürecinde verdikleri yanıtların kendi gerçek düşüncelerini ve deneyimlerini yansıttığı, anket ve görüşme sorularını içtenlikle ve samimiyetle yanıtladıkları varsayılmaktadır.
- Veri toplama araçlarının (görüşme formu, anket vb.) sorularının, araştırmanın amaçlarına uygun ve katılımcıların anlayabileceği şekilde hazırlandığı varsayılmaktadır.

- Katılımcıların cevaplarının araştırma sürecindeki sosyal ve psikolojik faktörlerden olumsuz etkilenmediği ve yanıtların objektif olarak verildiği düşünülmektedir.
- Araştırma sürecinde toplanan verilerin analizinde kullanılan yöntemlerin, verileri doğru şekilde yorumlama ve yeterlikleri belirlemede geçerli sonuçlar ortaya koyduğu kabul edilmektedir.
- Ayrıca, çalışma sürecinde teknik ve metodolojik açıdan herhangi bir büyük hata veya dışsal müdahale olmadığı varsayılmaktadır.

1.5 Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma, belirli sınırlılıklar çerçevesinde yürütülmüştür. Katılımcıların büyük bir kısmı Afyonkarahisar ilinden araştırmaya katılım sağlamıştır (%58,3). İzmir (%16,7) ve Aydın (%8,3) illeri önemli katkı sağlayan diğer bölgeler olurken, Gaziantep, Düzce, Denizli ve İstanbul gibi illerden ise sınırlı sayıda katılımcı (%4,2) yer almıştır. Bu durum, örneklemin coğrafi dağılımının kısıtlı olduğunu ve bulguların Türkiye geneline genellenmesinde sınırlılıklar oluşturduğunu göstermektedir.

Örneklemin Afyonkarahisar ve çevresindeki üniversite ve eğitim kurumlarında görev yapan uzmanlardan oluşması, araştırmanın kapsamını daraltan bir faktör olmuştur. Bunun başlıca nedeni, Delphi yöntemi gereği yüz yüze veya sürekli iletişim kurulabilecek uzmanlarla çalışmanın tercih edilmesi ve bu nedenle araştırmanın kolay erişilebilir uzman havuzuyla sınırlı kalmasıdır. Bu durum, coğrafi çeşitlilik açısından araştırmanın genelleştirilebilirliğini sınırlandırmıştır.

Veri toplama sürecinde ise uzman katılımcıların mesleki yoğunlukları nedeniyle zaman ayırma konusunda kısıtlamalar yaşanmıştır. Bazı uzmanlarla yalnızca 15'er dakikalık ders aralarında birkaç periyotta görüşme fırsatı bulunabilmiş olup, bu durum veri derinliğini etkileme potansiyeline sahiptir. Araştırmacı, mevcut koşullar dahilinde en verimli veri toplama sürecini gerçekleştirmeye özen göstermiştir.

Yöntem olarak yalnızca Delphi tekniklerinin kullanılması, araştırmanın sınırlılıkları arasında yer almaktadır. Farklı yöntemlerin entegre edilmemesi, elde edilen bulguların

daha geniş ve derin perspektiflerden değerlendirilmesini kısıtlamış olabilir. Ancak Delphi yöntemi, uzman görüşlerinin sistematik olarak toplanması ve uzlaşmaya varılması açısından araştırmanın amaçları doğrultusunda uygun bulunmuştur.

Araştırmanın kapsamı, Türkiye'nin belirli illeri ve eğitim sistemine özgü bağlamla sınırlıdır. Maddi ve zaman kısıtları nedeniyle daha geniş coğrafi alanları ve farklı kültürel bağlamları içerecek şekilde veri toplanamamıştır. Bu bağlamda, sonuçların farklı bölgelerdeki eğitim koşullarına doğrudan genellenmesi mümkün olmayabilir.

Veri analizinde nitel veriler içerik analizi yöntemi ile çözümlenirken, nicel veriler SPSS yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. İçerik analizine dayalı nitel değerlendirmeler, yorumlama sürecine bağlı olarak sübjektiflik içerebilirken, nicel analizlerdeki sınırlılıklar örneklem büyüklüğü ve dağılımına bağlıdır.

Son olarak, veri toplama süreci Aralık 2024 - Mart 2025 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu zaman dilimi dışındaki gelişmeler, özellikle eğitim ve teknoloji alanındaki hızlı değişimler dikkate alındığında, araştırmanın sonuçlarının güncelliğini etkileyebilir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Fen Bilimlerinin Disiplinlerarası Yapısı

2.1.1 Biyoloji Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri

Biyoloji, yaşamı anlamak için yapılan bilimsel bir araştırmadır ve bu bilim, mikroskobik düzeyden küresel ölçeğe kadar olan geniş bir alanı kapsar. Biyologlar, yaşamın temel süreçlerini anlamak amacıyla organizmaların yapılarını, işlevlerini, evrimsel geçmişlerini ve ekosistem içindeki etkileşimlerini incelerler. Biyoloji, evrimsel süreçleri açıklayarak yaşamın birliğini ve çeşitliliğini açıklar. Bu disiplin, farklı biyolojik sistemleri ve organizmaları anlamak için çeşitli sorgulama yöntemleri kullanır ve yaşamı anlamak adına sürekli bir araştırma sürecidir (Campbell ve Reece 2005). Bu bağlamda biyoloji, diğer fen bilimleri ile sürekli bir etkileşim içindedir; özellikle fizik ve kimya gibi disiplinlerin sunduğu kavramsal çerçeve ve yöntemler biyolojik olguların açıklanmasında kritik öneme sahiptir. Örneğin, biyokimya ve biyofizik gibi alt alanlar, biyolojinin disiplinler arası doğasını açıkça ortaya koymaktadır.

Biyoloji, canlı organizmaların karmaşık yapısını ve işleyişini anlamak için yapılan sürekli bir araştırmadır. Bu araştırmalar, belirli bir organizmanın incelenmesiyle başlar ve her yeni keşif, daha fazla sorunun ortaya çıkmasına neden olur. Moleküler biyolojinin ilk dönemlerinde, *Escherichia coli* (*E. coli*) bakterisi model organizma olarak seçilmiştir. Bu küçük ve hızlı üreyen bakteri, biyologların genetik, evrimsel ve hücresel süreçleri anlamalarına olanak sağlamıştır. *E. coli*'nin hızlı üremesi, değişken kimyasal koşullara uyum sağlama yeteneği ve mutasyonla evrimleşme kapasitesi, moleküler biyolojideki araştırmalar için değerli bir araç sunmuştur (Alberts vd. 2022). Biyolojinin fen bilimleri içindeki rolü, yalnızca canlılığı anlamakla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda sağlık bilimlerinden çevre bilimine kadar pek çok alanda bilgi üretimi ve problem çözümü sağlamaktadır. Bu yönüyle biyoloji, bilimsel düşüncenin ve araştırmanın temel taşı konumundadır ve doğa olaylarını daha bütüncül bir bakış açısıyla kavramamıza yardımcı olur.

2.1.2 Fizik Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri

Newton'un *Mathematical Principles Of Natural Philosophy* (1846) eserinin önsözünde/girişinde, fizik biliminin amacının doğa olaylarını matematiksel yasalarla açıklamak olduğunu açıkça belirttiği görülmektedir. Newton, mekanik yasaların ve kuvvetlerin matematiksel formüllerle ifade edilmesinin, doğanın anlaşılmasında temel bir adım olduğunu savunmaktadır. Ayrıca, doğanın işleyişini açıklamak için fiziksel güçlerin (yerçekimi, elastik kuvvetler gibi) doğru bir şekilde tanımlanması gerektiğini ve bu güçlerin hareket üzerindeki etkilerinin sistematik olarak incelenmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu bağlamda, Newton'un çalışması, fizik biliminin doğasını şekillendiren bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. Ayrıca astronomi, yer bilimleri ve hatta çevre bilimleri gibi alanlar da fiziksel yasaları temel alarak evrensel süreçleri yorumlar. Bu nedenle fizik, fen bilimlerinin diğer dallarına yön veren bir disiplin olmasının yanı sıra, teknolojik gelişmelerin de öncüsü konumundadır.

Fizik, evrenin temel yapı taşlarını ve bu yapıların nasıl etkileştiğini anlamaya çalışan bir bilim dalıdır. Madde ve enerji ile uzay ve zaman arasındaki ilişkileri inceleyen fizik, yalnızca egzotik olayları değil, gündelik yaşamdaki pek çok fenomeni de açıklamayı hedefler. Tüm bilimler gibi fizik de belirli bir sistematik içerisinde düzenlenmiş, akılcı ve tutarlı bir bilgi bütünüdür. Bu disiplin, doğayı anlamaya yönelik olarak geliştirilen hipotezler, gerçekleştirilen tekrarlanabilir deneyler ve yapılan sistematik gözlemler üzerine kuruludur. Bu süreç sonucunda, doğanın işleyişine ilişkin temel yasalar ve ilkeler ortaya konulmaktadır. Kara delikler ve karanlık enerji gibi evrenin uç noktalarındaki kavramlardan, gökyüzünün neden mavi görüldüğü, bir müzik aletinin diğerinden nasıl farklı ses çıkardığı veya bir cismin sıcaklık hissinin malzemeye göre nasıl değiştiği gibi gündelik sorulara kadar pek çok olgu, fizik yasaları ile açıklanabilmektedir. Nitekim "fizik" terimi, kökeni itibarıyla "doğal dünyanın bilgisi" anlamına gelen Yunanca bir sözcükten türemiştir (Tipler ve Mosca 2007).

2.1.3 Kimya Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri

NRC'ye (2012) göre fiziksel bilimler terimi, fizik ve kimya disiplinlerini kapsayacak

şekilde kullanılır ve bu iki bilim dalı, doğa ve insan yapımı tüm sistemlerin işleyişini anlamada temel bir rol oynar. İster bir yıldız ister Dünya'nın atmosferi ya da bir hücre olsun, tüm sistemler belirli fiziksel ve kimyasal alt süreçlere dayanır. Her ne kadar bazı büyük ölçekli sistemlerin özellikleri yalnızca atomik düzeydeki süreçlerle açıklanamasa da bu sistemlerin yapıları, işlevleri ve özellikleri üzerinde atom altı düzeydeki madde yapısının belirleyici etkisi vardır. Bu bağlamda, fizik ve kimya birlikte ele alınarak; kuvvetler, enerji aktarımı ve nesneler arası etkileşimlerin süreçleri nasıl şekillendirdiği açıklanır. Fiziksel bilimlerdeki öğrenmenin temel hedeflerinden biri de öğrencilerin tüm sistemlerde ve süreçlerde gözlenebilecek neden-sonuç ilişkilerinin var olduğunu ve bunların ortak bir fiziksel ve kimyasal ilkeler bütünüyle anlaşılabilirliğini fark etmelerini sağlamaktır (National Research Council 2012).

Kimya bilimi, maddenin yapısını, özelliklerini ve geçirdiği değişimleri inceleyen temel bir bilim dalıdır. Yaşamımızda yer alan her nesne —yediğimiz yiyecekler, kullandığımız teknolojik araçlar, bedenimiz ve doğadaki tüm maddeler— kimyanın alanına girer. Çünkü kimya, yalnızca laboratuvarlarda yürütülen deneysel bir uğraş değil; doğadaki taşlardan bilgisayar çiplerine, yiyeceklerden sentetik maddelere kadar yaşamın her alanında etkisini gösteren evrensel bir bilimdir. Fiziğe dayanarak atom ve moleküllerin davranışları üzerinden açıklamalar üretirken, biyolojide ise yaşamın kimyasal temellerini anlamamıza olanak sağlar. Tarihsel süreçte Bronz ve Demir çağlarıyla başlayan kimyasal bilgi birikimi, uygarlığın gelişiminde belirleyici bir rol oynamış; cam, metal, ilaç, plastik ve enerji gibi sayısız ürünün ortaya çıkmasını sağlamıştır. Günümüzde ise kimya, tarımın dönüşümünden moleküler biyolojiye, ileri malzeme teknolojilerinden çevresel sürdürülebilirliğe kadar pek çok alanda insanlığın karşılaştığı sorunlara çözümler sunmaktadır (Atkins ve Jones 2010). Bu bağlamda, kimya sadece doğayı anlamamıza yardımcı olmakla kalmaz; aynı zamanda geleceği inşa etmemizde de anahtar bir role sahiptir.

2.1.4 Astronomi ve Uzay Bilimleri Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri

Evren, en basit tanımıyla tüm uzay, zaman, madde ve enerjinin toplamıdır. Astronomi ise evreni inceleyen bilim dalıdır. Bu alan, diğer hiçbir bilim dalına benzemeyen bir

yapıya sahiptir; çünkü bizden evrene dair bakış açımızı köklü biçimde değiştirmemizi ve günlük yaşam deneyimlerimizin çok ötesinde ölçeklerde maddeyi ele almamızı gerektirir. Günümüzde astronomi, uzun teleskoplarla gökyüzüne bakan ağırbaşlı bilim insanlarını çağırıştırır; aynı şekilde, evren de artık yalnızca geceleri gökyüzüne bakıldığında görülen durağan ve değişmez bir alan olarak düşünülmez. Modern astronomlar, çok daha dinamik ve değişken bir evrenin izini sürmektedirler: yıldızlar adeta canlı varlıklar gibi doğar ve ölür, galaksiler büyük miktarda enerji yayar ve yaşamın kendisi, maddenin evrimsel sürecinin doğal bir sonucu olarak görülür (Chaisson ve McMillan 2017).

Modern astronomi çalışmaları, büyük ölçüde evrenin fiziksel doğasının anlaşılmasına dayanır. Astronomiye fiziğin uygulanması olan astrofizik, pulsar yıldızlar, süpernova patlamaları, değişken X-ışını kaynakları, kara delikler, kuasarlar, gama ışını patlamaları ve Büyük Patlama gibi sıra dışı olayları ve nesneleri açıklamada oldukça başarılı olmuştur. Astronominin bir bilim olarak araştırılmasında, gök cisimlerinin hareketleri, ışığın doğası, atomun yapısı ve uzayın şekli gibi konuların incelenmesi gerekmektedir. Astronomi çalışmaları, insan merakının en saf biçimdeki doğal bir uzantısıdır. Küçük bir çocuğun her şeye “neden” diye sorması gibi, bir astronomun amacı da evrenin doğasını tüm karmaşıklığı içinde sadece anlamak için anlamaya çalışmaktır—entelektüel bir serüvenin nihai amacı budur. Gerçek anlamda gökyüzünün güzelliği yalnızca yıldızlara bakmakta değil, aynı zamanda yıldızların var olmasına neden olan fiziksel süreçler arasındaki hassas etkileşimi düşünmekte yatar (Carroll ve Ostlie 2006).

2.1.5 Yer Bilimleri Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri

Jeoloji, Dünya'nın yapısını, oluşumunu ve evrimini inceleyen bilim dalıdır. Jeologlar, depremler ve buzul çağları gibi temel olayların nedenlerini araştırmanın yanı sıra, yer altı sularını koruma, petrol ve mineral kaynaklarını bulma ve heyelanlardan korunma gibi pratik sorunlara da çözüm ararlar. Jeolojinin incelenmesi, Dünya'nın canlılar, okyanuslar, atmosfer ve katı kayaçlar arasındaki karmaşık etkileşimlerle sürekli değişen bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Ayrıca, Dünya'nın insanlık öncesinde var olmuş ve halen evrim geçirmekte olan dinamik bir gezegen olduğu anlaşılmıştır. Jeoloji

alışmaları, insan uygarlığının başarılarını ve etkilerini daha geniş bir bağlamda değerlendirme olanağı da sunar (Marshak 2022). Yer bilimlerinin fen bilimleri içindeki rolü hem doğa olaylarını açıklamada hem de gezegenimizin geleceği ile ilgili tahminlerde bulunmada kritik bir öneme sahiptir. Örneğin, jeolojik süreçlerin incelenmesi, yer yüzeyindeki değişimlerin ve doğal afetlerin (deprem, volkanizma, vb.) daha iyi anlaşılmasına olanak tanır. Ayrıca, atmosferin incelenmesi ve okyanusların yapısal özellikleri, meteorolojik olaylar ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunları ele almada önemli bilgiler sağlar.

Ayrıca, yer bilimleri, çevre sorunlarıyla ilgili araştırmalar ve çözüm önerileri geliştiren disiplinler arası bir alandır. Yer bilimlerinin, doğa bilimleri içindeki yerinin bu denli merkezi olması, gezegenimizin geleceğini anlamak ve korumak için temel bir gerekliliktir. Skinner ve Murck (2011), konuya farklı bir bakış açısı getirip yeni bir bilimden bahseder. Dünya Sistemi Bilimi'ni, gezegenin birbirinden ayrı gibi görünen ancak birbirleriyle sürekli etkileşim halinde olan birçok parçasının bir bütün olarak incelenmesini esas alan yeni bir bilim dalı olarak tanımlar. Bu yaklaşımda, okyanus, atmosfer, kara parçaları, buzullar, canlılar gibi unsurlar ayrı ayrı çalışılabilse de her birinin diğerleriyle bağlantılı olduğu vurgulanır. Yazarlar, NASA'nın 1991 yılında başlattığı "Mission to Planet Earth"(Gezegen Dünya Misyonu) adlı resmi programı-daha sonra Dünya Bilimi Girişimi (Earth Science Enterprise, ESE) olarak anılacaktır- ve devamındaki çalışmalarla birlikte, Dünya'nın uzaydan gözlemlenmesinin bu bilim dalının gelişmesinde kilit bir rol oynadığını ifade eder. Skinner ve Murck'a göre, Dünya'nın uzaydan gözlemlenmesi bu bilim dalının gelişmesinde kilit bir rol oynamıştır. Bu bakış açısıyla, gezegenin çeşitli ölçeklerde gözlemlenmesi, doğal süreçlerin küresel ölçekte anlaşılmasını sağlamış ve insan faaliyetlerinin etkilerini değerlendirme kapasitesini artırmıştır.

2.1.6 Çevre Bilimleri Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri

Cunningham ve arkadaşlarına (2024) göre, insanlar her zaman iki dünyada yaşamışlardır: biri, bizden milyarlarca yıl önce var olan ve bizim de bir parçası olduğumuz bitkiler, hayvanlar, toprak, hava ve sudan oluşan doğal dünya; diğeri ise

bilim, teknoloji ve politik organizasyon aracılığıyla yarattığımız sosyal kurumlar ve yapay çevrelerdir. Bu iki dünyanın kesişim noktaları hem bizim hem de gezegeni paylaştığımız diğer canlıların varlığını tehdit eden sorunlar doğurmakta; ancak aynı zamanda sürdürülebilir çözümler bulmak için benzeri görülmemiş fırsatlar da sunmaktadır. Bu nedenle, çevre bilimi hem bu dünyayı nasıl etkilediğimizi hem de onu nasıl koruyup iyileştirebileceğimizi anlamaya çalışan sistematik bir çalışma alanıdır. Çevre bilimi; doğa bilimleri, sosyal bilimler ve beşeri bilimleri bütünleştiren disiplinler arası bir yaklaşımla, çevremizi ve bu çevreyle olan karşılıklı etkileşimimizi kapsamlı bir şekilde inceler. Doğal çevredeki kirlilik ya da biyolojik çeşitlilik kaybı gibi sorunları anlamaya odaklansa da çözümler genellikle kaynak tüketimi ve atık yönetimiyle ilgilidir. Bu nedenle, çevre bilimi politika, nüfus, ekonomi ve kentleşme gibi konuları da ele alır. Bu çok yönlülük, çevre biliminin biyoloji, kimya, fizik ve yer bilimleri gibi disiplinlerin birleşiminden beslenerek, çevresel sorunların kökenlerine inmesini ve çözüm önerileri geliştirmesini sonuç vermektedir. Örneğin, kirlilik, biyolojik çeşitlilik kaybı, iklim değişikliği gibi sorunlar, bu disiplinler arası yaklaşım sayesinde daha kapsamlı bir şekilde ele alınabilir. Çevre bilimleri, bu bağlamda, doğa olaylarını ve insan faaliyetlerini birleştirerek çevresel sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik stratejiler geliştirmektedir.

Çevre bilimleri, bazen sadece “çevre bilimi” olarak da adlandırılır, organizmaların yaşadığı fiziksel, kimyasal ve biyolojik çevreyle ilgilenen tüm disiplinleri kapsar. Açıkça görülmektedir ki çevre bilimi, yaşam ve yer bilimlerinin birçok yönünden yoğun biçimde yararlanır. Dünya ve yaşamı destekleyen sistemlerin incelenmesi süreç ve değişimle ilgilidir; ancak çevre bilimi, özellikle insan faaliyetlerinin yol açtığı değişimlerle ve bunların canlıların, özellikle de insanların refahı üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkileriyle ilgilenir. Bu çerçevede çevre bilimini, yalnızca bir bilgi kümesi değil, aynı zamanda birçok bilim dalının katkısıyla şekillenen disiplinlerarası bir yaklaşım olarak değerlendirmek gerekir. Bu yönüyle çevre bilimi, çok sayıda uzmanlık alanının bir araya geldiği disiplinlerarası bir yapı sergiler. Ekolojiden jeolojiye, iklim biliminden deniz biyolojisine kadar pek çok alanı kapsayan bu bütünleşme, çevresel sorunları bütüncül bir bakış açısıyla ele almayı mümkün kılar. Örneğin bir haliç ekosisteminin detaylı biçimde incelenmesi; jeologların, kimyagerlerin, biyologların, iklim bilimcilerin

ve daha birçok uzmanın birlikte çalışmasını gerektirir. Bu uzmanlar kendi alanlarında derin bilgiye sahip olsalar da bu tür çalışmalar kapsamında çevre bilimci kimliğiyle anılırlar. Dolayısıyla çevre bilimi, yalnızca bir bilgi alanı değil, aynı zamanda farklı disiplinlerden gelen bilim insanlarını ortak bir çevresel sorun etrafında birleştiren bir uygulama alanı olarak da öne çıkar (Allaby 2000).

2.1.7 Teknoloji Disiplininin Fen Bilimleri İçindeki Yeri

Fen bilimleri eğitimi içerisinde teknoloji, çok boyutlu bir kavram olarak ele alınmakta ve farklı şekillerde yorumlanmaktadır. STEM disiplinlerinden biri olan teknoloji eğitimi, tarihsel olarak “el sanatları” ve “endüstriyel sanatlar” kökenine sahipken günümüzde daha kapsamlı bir yapıya evrilmiştir. Bu dönüşüm, teknolojinin yalnızca mesleki becerilerle sınırlı kalmadığını, aynı zamanda bilimsel bilgiyle iç içe geçmiş, akademik bir öğrenme alanı haline geldiğini göstermektedir. Günümüz teknoloji öğretmenleri, geleneksel malzeme işleme atölyelerinin ötesine geçerek, teknoloji ile toplum arasındaki ilişkiyi, üretimden iletişime kadar birçok alanda tartışmaktadır. Bu gelişime paralel olarak, *Teknolojik Okuryazarlık Standartları* (ITEEA)’nın yayınlanması ve *Project Lead the Way* gibi ulusal programların hazırlanmasıyla birlikte teknoloji ile mühendislik eğitimi entegre eden öğretmenlere rastlanmaya başlanmıştır. Bunun yanında, teknolojik okuryazarlığı artırmaya yönelik olarak bilgisayarlar, internet, akıllı tahtalar ve simülasyon yazılımları gibi eğitim teknolojileri fen öğretimi zenginleştirmekte ve öğrencilerin bilimsel kavramları deneyimleyerek öğrenmesini kolaylaştırmaktadır. Son olarak, bilim insanlarının kullandığı veri toplama araçları, sensörler, mikroskoplar ve süper bilgisayarlar gibi ileri düzey teknolojik araçlar, öğrencilerin bilimin doğasına dair daha derin bir kavrayış geliştirmesine olanak tanımakta; bu da teknolojinin fen bilimleri içerisindeki yerini yalnızca bir araç olarak değil, aynı zamanda bilimin üretildiği ortamın ayrılmaz bir parçası olarak ortaya koymaktadır (Honey vd. 2014).

2.2 Fen Bilimleri Öğretmen Yeterlikleri

2.2.1 Genel Öğretmen Yeterlikleri

Öğretmen yeterlikleri, öğretmenlerin sahip olması gereken bilgi, beceri, tutum ve

değerlerin bütününe ifade eder. Bu yeterlikler, öğretmenlerin mesleki rollerini etkili bir şekilde yerine getirebilmeleri için gereklidir. Uluslararası düzeyde, çeşitli kuruluşlar ve araştırmacılar, öğretmen yeterliklerinin tanımlanması ve geliştirilmesi konusunda kapsamlı çalışmalar yürütmüşlerdir.

Uluslararası düzeyde mesleki öğretmenlik standartlarının belirlenmesi, öğretmenlik mesleğinin evrensel değerleri ve etik temelleri üzerine inşa edilmesini amaçlamaktadır. Education International ve UNESCO (2019) tarafından geliştirilen çerçevede, öğretmenlik mesleği, ortak bilgi ve uzmanlık temeline sahip bir topluluk olarak tanımlanmakta; bu topluluğun, meslekî standartlarını koruma konusundaki etik sorumluluğu hem öğretmenlerin kendileri hem de öğrenciler, topluluklar ve toplumun genel yararı için vurgulanmaktadır.

Bu çerçeve, öğretmenlik standartlarını üç temel kategoriye ayırmaktadır:

1. Etik Standartlar: Öğretmenlik mesleğinin doğasına, ideallerine ve tutumlarına ilişkin genel beklentileri tanımlar.
2. İçerik Standartları: Öğretmenlerin yaptığı işin kapsamını ve özgün niteliğini ortaya koyar.
3. Ölçme Standartları: Öğretmenlik yeterliğinin düzeyini veya kalitesini belirler.

Söz konusu öğretmenlik standartları çerçevesi, öğretmenlerin ortaklaştığı ilkeleri temel alan bir yapıda, üç ana alan (domain) altında yapılandırılmıştır:

1. Bilgi ve Anlayış,
2. Uygulama (Pedagoji),
3. Öğretimsel İlişkiler (Mesleki İlişkiler).

Bu alanlar, halihazırda farklı ülkelerde uygulanan öğretmenlik standartları sistemlerindeki sınıflamalardan (taxonomy) esinlenilerek oluşturulmuştur. Ayrıca, standartların öğretmenlerin mesleki deneyim ve uzmanlık düzeylerine göre farklı katmanlarda tanımlanabileceği de vurgulanmaktadır (Education International & UNESCO 2019).

Öğretmen yeterlikleri, öğretmenlerin mesleki bilgi, beceri ve tutumlarını tanımlayan ölçütlerdir. Türkiye'de Millî Eğitim Bakanlığı (MEB), öğretmenlik mesleğine ilişkin yeterlikleri yeniden tanımlamak amacıyla Millî Eğitimi Geliştirme Projesi kapsamında kapsamlı bir çalışma yürütmüştür. Bu süreçte, YÖK-MEB iş birliğiyle Öğretmen Yetiştirme ve Eğitimi Genel Müdürlüğü ile Eğitim Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı (EARGED) tarafından ulusal ve uluslararası belgeler incelenmiş, Avrupa Birliği ülkeleriyle uyumlu bir yapı oluşturulmaya çalışılmıştır. Uzmanlar, akademisyenler ve öğretmenlerin katılımıyla gerçekleştirilen çalıştaylar, pilot uygulamalar ve paydaş görüşleri doğrultusunda öğretmen yeterlikleri altı ana başlık altında toplanmıştır:

- a) Kişisel ve meslekî değerler–meslekî gelişim,
- b) Öğrenciyi tanıma,
- c) Öğrenme ve öğretme süreci,
- d) Öğrenmeyi ve gelişimi izleme ve değerlendirme,
- e) Okul-aile-toplum ilişkileri ile
- f) Program ve içerik bilgisi.

Bu çerçevede 31 alt yeterlik ve 233 performans göstergesi tanımlanarak "Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri" ortaya konmuştur (MEB 2017). Bu yeterlikler, öğretmenlerin mesleki bilgi, öğretim süreci, öğrenme ortamı oluşturma, öğrenci gelişimini izleme ve değerlendirme gibi alanlarda yetkin olmalarını hedeflemektedir.

Günümüzde yapay zekânın (YZ) öğretme ve öğrenme süreçlerini dönüştürme potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, politika yapıcılarının öğretmenlerin rollerini ve gerekli yeterliklerini acilen gözden geçirmeleri ve bu roller ile yeterlikleri yeniden ve yinelemeli biçimde tanımlamaları gerektiği vurgulanmaktadır. Artan YZ zenginliğine sahip eğitim ortamlarında öğretmenleri hazırlamak amacıyla uygun kapasite geliştirme programlarının hayata geçirilmesi elzemdir. YZ araçlarının karar döngülerine yardımcı olma ve içerik üretme konusundaki gelişen yetenekleriyle birlikte, öğretmen ve öğrenci arasındaki etkileşim artık üçgen bir yapıya dönüşmektedir. Çünkü YZ sistemleri hazırlık, öğretim, öğrenme ve değerlendirme süreçlerini giderek daha fazla aracılık etmektedir. Bu bağlamda, öğretmenlerin iş birlikçi bilgi üreticileri ve YZ çağında vatandaşlık rehberleri olarak hareket edebilmeleri için güçlendirilmeleri gerekmektedir.

Öğretmenlerin bu yeni rolleri keşfetmelerine ve üstlenmelerine yardımcı olmak adına geliştirilen Yapay Zekâ Yeterlik Çerçevesi (AI CFT), onların YZ'nin toplumsal etkilerine dair insan merkezli farkındalıklarını geliştirmeyi ve eğitimin değişen doğasına uyum sağlama kapasitelerini artırmayı hedeflemektedir (UNESCO 2024).

Bazı ülkelerde öğretmen yeterliklerinin geliştirilmesinde öğretmen araştırmalarına verilen önem dikkat çekmektedir. Finlandiya’da öğretmenler, meslek hayatları boyunca etkili öğretim uygulamaları üzerine araştırma yapmaya teşvik edilmektedir. Çin öğretmen eğitimi sistemi de öğretmenlerin gerçekleştirdiği araştırmaları temel almakta ve sistemin iyileştirilmesini bu araştırmalara dayandırmaktadır. Öğretmenlerin araştırma yapmalarını desteklemek amacıyla hükümet destekli hibe programlarının erişilebilir olması, öğretmenlerin kendi bulgularını farklı öğretmenlerle ve okullarda tekrarlayabilme becerisini başarı kriteri olarak ortaya koymaktadır. Örneğin Şanghay’daki deneysel bir okulun eski yöneticisi ve öğretmen eğitimi üniversitesinin eski başkanı Zhang Mingxuan, okulların yeni program veya politikaları denemek ve bunların ölçeklenebilirliğini test etmek amacıyla araştırma hibeleri aldığını belirtmiştir. Bu süreçte en deneyimli öğretmenler, uygulamaların etkililiğini değerlendirmek üzere ortak araştırmacı olarak görevlendirilmektedir. Asya’nın farklı bölgelerinde ise başarılı öğretmenler, eğitim otoriteleri tarafından belirlenip bazı ders yüklerinden muaf tutulmakta; bu sayede meslektaşlarına dersler vermeleri, öğretim uygulamaları sergilemeleri ve koçluk yapmaları sağlanmaktadır. Okul düzeyinde ise en yetkin öğretmenler genellikle ders geliştirme sürecine liderlik etmekte ve yeni başlayan öğretmenleri rehberlik ederek, öğrencilerin öğrenme güçlüklerinin nedenlerini analiz etmede önemli roller üstlenmektedir (Schleicher 2018).

Öğretmen yeterliklerinin yeniden ele alınması gerekliliği, sadece bilgi ve beceri aktarımlarının ötesinde, demokratik toplumlar için yaşamsal olan tutum ve değerlerin de öğretim sürecine dahil edilmesiyle ilişkilidir. Öğretmenlerin, sınıf ve okul genelinde yetişkinlerin ve öğrencilerin kendi deneyimlerinden veya farklı kaynaklardan yola çıkarak kamu meseleleri hakkında konuşabilecekleri, birbirlerini dikkatle ve saygıyla dinleyebilecekleri ve akılcı tartışmalara katılabilecekleri normları oluşturma, öğretme ve sürdürme sorumluluğu bulunmaktadır. Bu normların öğretimi, demokratik toplumlar

için gerekli olan temel becerileri kazandırmasına rağmen, ölçme değerlendirme sistemlerinde yeterince yer almamaktadır. Bu tür bir öğretmen yeterliği anlayışının göz ardı edilmesi, “ortak okullar”ın (common schools) temel gerekçelerinden birinin zayıflamasına neden olmaktadır. Geçmişte olduğu gibi öğretmen adaylarının sınırlı uygulama süresiyle, belli başlı bilgi, beceri ve tutumlarla donatılıp göreve başlaması artık yetersiz kalmaktadır. Eğitim sisteminin karmaşıklığı ve öğretmenlerin yetersizliğinin doğurabileceği olumsuz sonuçlar, bu sürecin daha derinlikli ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Son yirmi yılda öğretmenlerin ne bilmeleri, neleri yapabilmeleri ve neleri önemsemeleri gerektiğine dair bilgilerimiz artmış; bu unsurların nasıl öğrenileceğine ilişkin anlayışlarımız da derinleşmiştir. Bu gelişmeler ışığında, öğretmen yeterliklerinin ve öğrenme süreçlerinin zamana yayılan ve sosyal bağlamlar içinde şekillenen olgular olduğu vurgulanmaktadır. Ancak eğitim politikalarındaki daraltıcı yaklaşımlar, öğretmen yeterliklerini yalnızca teknik yeterlikler bağlamına indirgeme tehdidi taşımaktadır. Bu nedenle öğretmenlerin adaylık, işe başlama ve hizmet içi eğitim süreçlerinde sunulan öğrenme olanaklarının, öğretmen kapasitesine dair bu genişletilmiş anlayışla uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir (McDiarmid vd. 2008).

Etkili öğretmenlerin, yaptıkları işe yönelik olarak üstbilişsel farkındalığa sahip olmaları gerekmektedir. Öğretme ve öğrenme hakkında ne kadar çok şey öğrenirlerse, neyi iyi yaptıklarını ve neyin geliştirilmesi gerektiğini o kadar doğru değerlendirebilirler. Örneğin, öğretmenliğe yeni başlayanlar çoğunlukla kendi öğretim uygulamalarına odaklanmakta, öğrencilerin ne öğrendiğini ikinci planda tutmaktadır. Bu nedenle, öğrencilerinin neyi nasıl yaptığını, performanslarını ne ölçüde anladıklarını ve bu durum karşısında ne yapılması gerektiğini tespit edebilme becerisine sahip olmaları gereklidir. Ayrıca, öğrenmelerini ve karar alma süreçlerini yönlendirmek için hem kendilerine hem de başkalarına sorular sorabilmelidirler. Bu sorular, sınıfta neler olup bittiğini yorumlamada önemli olan karar alma alanlarıyla ilgilidir; örneğin, öğrencilerin deneyimleri, içeriğin sunumu ve içinde bulunulan sosyal bağlam gibi. Bununla birlikte, öğretme eylemlerini, tepkileri ve etkileşimleri analiz edebilmeli; bu sonuçlar üzerine düşünerek uygulamalarını uyarlayabilmelidirler (Hammerness vd. 2005).

Carl A. Grant, “kapasite” kelimesinin çoğu kişi tarafından doğa bilimlerindeki pint, litre gibi ölçü birimleriyle ilişkilendirildiğini belirtmektedir. Ancak zamanla bu kavramın toplumsal bilimlerde, özellikle eğitim araştırmalarında yer etmeye başladığını ifade etmektedir. Grant, öğretmen kapasitesini öğretmenin bilgi, beceri ve tutumları olarak tanımlamaktadır. Yazar, öğretmen kapasitesi kavramının tarihsel gelişimini aktarırken, 1830 yılında Massachusetts’teki Barre Normal Okulu’nda öğretmenler için belirlenen dört temel çalışma alanından söz ederek, o dönemde de odağın öğretmenlerin bilgi, beceri ve tutumlarında olduğunu vurgular. Zamanla bilimsel, toplumsal ve yönetsel gelişmelerin bu kavrama dair tanımları değiştirdiğini ifade eder. Öğretmenlerin içerik bilgisi ile pedagojik içerik bilgisi arasındaki ilişkiyi kavrayabilmesi, çeşitli gruplama stratejileri ve ölçme tekniklerini kullanabilmesi gerektiğini belirtir. Ayrıca, öğretmenlerin değişime açık tutumlar sergilemeleri ve tüm öğrencilerin öğrenebileceğine dair güçlü bir inanca sahip olmalarının önemine dikkat çeker (Grant 2005).

Tyrone C. Howard ve Glenda R. Aleman, öğretmen kapasitesinin yeniden tanımlanmasında en büyük zorluklardan birinin, çeşitli öğrenenlerin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde öğretmen yetiştirme sürecine dâhil olanların ahlaki, politik ve mesleki iradesinin değerlendirilmesi olduğunu ifade etmektedir. Yazarlar, öğretmen kapasitesinin yeniden düşünülmesi gerekliliğini, kültürel olarak farklı ve düşük gelirli öğrencilerin akademik başarılarındaki kalıcı ve orantısız düşük düzeylerle temellendirmektedir. Güncel öğrenci başarı verileri, mevcut öğretmen kapasitesinin birçok yönünün tüm öğrencilerin öğrenmesini sağlamada yetersiz kaldığını göstermektedir. Artan hesap verebilirlik, yüksek riskli sınavlar ve azalan okul bütçeleri çağında, öğretmenlerin her yönüyle en iyi düzeyde olmalarının zorunluluğu vurgulanmaktadır. Öğretmenlerin ne bilmeleri ve ne yapmaları gerektiğine dair daha fazla araştırma ve analiz çağrısı yapılmakla birlikte, halihazırda neyin işe yaradığını, neyin yaramadığını ve öğretim ile öğrenmenin çeşitli yönlerinin nasıl dönüştürülebileceğini gösteren çok sayıda kanıt bulunduğu belirtilmektedir. Öğretmen kapasitesine ilişkin düşünmenin, öğretmenlerin bilgi, beceri ve tutumlarını, hizmet verdikleri öğrencilerin değişen demografik yapısının karmaşıklıkları doğrultusunda şekillendirmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Howard ve Aleman 2005).

2.2.2 Fen Bilimleri Öğretmenlerine Özgü Yeterliklerin Önemi

21.yüzyılın ilk yıllarında fen bilimleri öğretmenleri, bir kısmı çağımıza özgü, bir kısmı ise tüm dönemlerde ortak olan çeşitli sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu sorunlar arasında özellikle bilimsel okuryazarlığın sağlanması, fen programlarının yeniden yapılandırılması, sorgulama temelli fen öğretiminin uygulanması, fen öğretmenlerinin bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi ve tüm öğrenciler için daha yüksek başarı düzeylerine ulaşılması gibi konular öne çıkmaktadır. Bu zorluklar, fen eğitimi topluluğunun her düzeyinde liderlik gerektiren çeşitli konuları içermektedir; ancak özellikle fen öğretmenlerine büyük sorumluluk düşmektedir. Bazı sorunlar siyasi yönetimlerin kısa süreli etkileriyle sınırlı kalırken, bazıları eğitimsel açıdan daha uzun soluklu ve köklü bir geçmişe sahiptir. Bu zorluklar fen eğitiminin tüm bileşenlerini ilgilendirse de öğretim uygulamalarının özünde yer alan fen öğretmenlerinin liderliği kritik önemdedir. Çünkü bilimsel okuryazarlık, fen programları, sorgulama temelli öğretim, mesleki gelişim ve öğrenci başarısı gibi temel konular, fen eğitiminin süreklilik gösteren temalarını oluşturmaktadır (Bybee 2010).

Shulman'a (1986) göre, öğretmenlerin zihninde gelişen bilgi türleri özellikle içerik bağlamında üç ana başlık altında ele alınmalıdır: konu alanı bilgisi (subject matter content knowledge), pedagojik alan bilgisi (pedagogical content knowledge) ve müfredat bilgisi (curricular knowledge). Konu alanı bilgisi, öğretmenin yalnızca belirli bir disiplindeki doğruları aktarma yetisini değil, aynı zamanda bu bilgilerin neden doğru kabul edildiğini, neden öğrenilmeye değer olduğunu ve diğer kavramlarla kurduğu ilişkileri de açıklayabilme yeterliliğini kapsar. Pedagojik alan bilgisi ise, doğrudan öğretime yönelik olarak yapılandırılmış, bir içeriğin öğrenciler tarafından daha kolay kavranmasını sağlayacak şekilde düzenlenmiş bilgi türüdür. Bu bilgi türü, öğretmenin konuyu öğrencinin düzeyine, ihtiyaçlarına ve öğrenme stillerine uygun biçimde sunabilmesini mümkün kılar. Üçüncü bilgi türü olan müfredat bilgisi ise, öğretmen adaylarının öğretmenlik eğitimi programlarında en ihmal edilen alanlardan biridir. Bu bilgi, belli bir düzeydeki ders ve konuların öğretilmesine yönelik programları, bu programlara uygun öğretim materyallerini ve bu materyallerin hangi durumlarda etkili ya da etkisiz olacağını belirleyen özellikleri kapsar (Shulman 1986).

Amerika Birleşik Devletleri'nin fen ve matematik eğitimine olan yaklaşımı, Soğuk Savaş döneminin rekabetçi atmosferinde büyük bir kırılma yaşamıştır. Özellikle 1957 yılında Sovyetler Birliği'nin ilk yapay uydu olan Sputnik'i başarıyla uzaya göndermesi, Amerika'da ciddi bir endişeye ve kendini sorgulama sürecine yol açmıştır. Church ve Sedlak'ın (1976) aktardığına göre, Admiral Rickover bu durumun kökenini Amerikan eğitim sisteminin özellikle ortaöğretim düzeyinde yaşadığı yapısal sorunlara bağlamıştır. Rickover, nükleer denizaltı Nautilus'un geliştirilmesi sürecinde yeterli nitelikte bilim insanı ve mühendis bulmakta yaşadığı zorlukları dile getirerek, bunun nedenini lise düzeyindeki fen ve matematik eğitiminin yetersizliğine dayandırmıştır. Rickover'a göre, lise öğretim programlarının amaçsız ve öğrencilere ciddi bilimsel problemler sunmaktan uzak yapısı, yetenekli bireylerin bilimsel alanlara yönlendirilmesini engellemektedir. Church ve Sedlak'ın (1976) bu durumu ayrıntılı biçimde açıklamaları, fen eğitiminin toplumsal ve ulusal düzeydeki stratejik önemini gözler önüne sermektedir. Sputnik şoku, Amerikan kamuoyuna fen ve matematik öğretiminin yalnızca bireysel başarı değil, aynı zamanda ulusal güvenlik ve teknolojik rekabet açısından da kritik olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda, fen öğretiminin niteliğini artırma çabaları yalnızca bir eğitim reformu değil, aynı zamanda ulusal bir kalkınma stratejisinin parçası hâline gelmiştir. Eğitim sisteminin, öğrencileri analitik düşünmeye ve bilimsel üretkenliğe yönlendirme kapasitesi, doğrudan bir ülkenin bilimsel ve teknolojik başarısıyla ilişkilendirilmiştir. Dolayısıyla Church ve Sedlak'ın bu konuya kitaplarında yer vermeleri, fen eğitiminin tarihsel süreçte kazandığı önemi ortaya koymak açısından oldukça anlamlıdır.

Fen öğretmenlerinin sahip oldukları bilgi ve anlayış düzeyi, öğrencilerin bilimsel öğrenme süreçlerini yönlendirme ve zenginleştirme açısından kritik bir rol oynamaktadır. Harlen'in (1997) ortaya koyduğu gibi, öğretmenlerin fen öğretimine dair özgüven eksikliği, sınıf içi uygulamalarda kaçınma, yüzeysel anlatım ve sorgulamadan uzak bir öğretim yaklaşımına neden olabilmektedir. Bu durum, öğrencilerin derinlemesine öğrenme fırsatlarından mahrum kalmasına yol açmaktadır. Oysa öğretmenlerin bilimsel kavramları yalnızca ezbere aktarması değil, çocukların düşüncelerini açığa çıkaran, onların fikirlerini yansıtmalarına imkân tanıyan sorular yöneltebilmesi, yanıltıcı yolları önceden fark edebilmesi, uygun bilgi kaynaklarını

sağlayabilmesi ve öğrencilerin öğrenme sürecinde hangi noktada olduklarını analiz ederek sonraki adımları belirleyebilmesi gerekmektedir. Tüm bunlar, öğretmenin kendi bilimsel anlayışının derinliğine bağlıdır. Öğretmenlerin onlarca bilgiyle donatılmasından ziyade, çocukların öğrenmesini yönlendirebilecek geniş ilkeleri ve büyük fikirleri özümsemiş olmaları çok daha değerlidir. Çünkü amaç, öğretmenin her soruya cevap verebilmesi değil, bu soruları öğrenmeye dönüştürebilecek stratejik yaklaşımlar geliştirebilmesidir. Bu nedenle, fen öğretmenlerinin sahip olması gereken temel yeterliklerden biri de bu tür rehberlik becerilerine olanak sağlayan kavramsal bütünlüğe ve geniş çerçeveli anlayışa sahip olmaktır (Harlen 1997).

Wynne Harlen'in (1999) "Effective Teaching of Science" adlı çalışmasından elde edilen bulgular, etkili bir fen öğretiminin temelinde öğretmen yeterliklerinin yer aldığını açıkça ortaya koymaktadır. Bu araştırmadan elde edilen bulgular, fen bilimleri öğretmenlerinin etkili bir öğretim süreci yürütebilmeleri için sahip olmaları gereken birtakım temel yeterlikleri ortaya koymaktadır. Öncelikle, öğretmenlerin öğrencilerin sahip oldukları ön bilgileri tanıma ve bu bilgilerin bilimsel kavramlarla çeliştiği durumlarda kavramsal değişimi destekleyici stratejiler geliştirme yeterliklerine sahip olmaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra, öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmeye ve metabilşsel farkındalıklarını artırmaya yönelik öğretimsel uygulamalar, öğrenmenin niteliğini artırmakta ve öğrencileri kendi öğrenmelerinin sorumluluğunu üstlenmeye teşvik etmektedir. Öğrenme sürecine yönelik biçimlendirici değerlendirme uygulamalarının etkili kullanımı ise, öğretim sürecinin izlenmesini ve gerektiğinde yeniden yapılandırılmasını mümkün kılarak öğrenme çıktılarına olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca, öğretmenlerin öğrencilerin kavramsal gelişim süreçlerini dikkate alarak öğretim hedeflerini ve içeriklerini bu gelişimsel düzeye uygun şekilde belirlemeleri, öğretim sürecinin verimliliğini artırmaktadır. Etkili öğretimin bir diğer önemli bileşeni de dersin önceden planlanması, üst düzey düşünmeyi teşvik eden soruların kullanılması ve öğrencilerin iş birliği, tartışma, yansıtıcı yazma gibi etkinliklerle derse aktif katılımının sağlanmasıdır. Tüm bu süreçlerde öğretmenin sahip olduğu konu alanı bilgisi ve pedagojik alan bilgisi belirleyici olmakta; öğretmenin alan bilgisi eksikliği, öğrencilerden düşük beklenti içinde olmasına ve öğretim kalitesinin düşmesine neden olabilmektedir. Son olarak, bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkili

kullanımı, özellikle simülasyonlar, veri toplama araçları ve grafik yazılımları aracılığıyla öğrencilerin bilimsel süreçleri daha iyi kavramalarını sağlamakta, fen öğretiminin niteliğini artırmaktadır. Bu bağlamda, çağdaş fen öğretmenlerinden beklenen yeterlikler yalnızca içerik bilgisiyle sınırlı kalmamakta; pedagojik uygulamalar, ölçme-değerlendirme becerileri, teknolojik donanım ve öğrenci merkezli öğretim anlayışıyla bütüncül bir yapı sergilemektedir.

Kristen Wendell ve arkadaşlarının (2014), mühendislik tasarımı tabanlı bilim öğretimi, ilkokul düzeyindeki öğrencilere bilimsel kavramları keşfetme fırsatları sunmak amacıyla kullanılmıştır. Bu çalışmada, öğrenciler ve öğretmenler, tasarım prototiplerini bilimsel sorgulama nesneleri olarak inceleyerek mühendislik tasarımıyla ilişkili dört bilimsel alanı keşfetmişlerdir. Bu alanlar; ses, materyal özellikleri, hayvan adaptasyonları ve basit makineler gibi konuları içermektedir. Öğrenciler, LEGO yapım elemanlarını kullanarak, müzik aletleri, model evler, robotik hayvanlar ve insan taşıma cihazları tasarlamışlardır. Çalışma, öğrencilere mühendislik günlüğü ile rehberlik edilerek, çözüm prototiplerini oluşturma sürecinde destek olmuştur. Yapılan analizler, bu mühendislik tasarımı tabanlı bilim ünitesinin öğrencilere, bilimsel bilgi ve uygulamalar konusunda önemli değişiklikler sağladığını ortaya koymuştur. Öğrenciler, sesin mekanizmalarını anlamaktan, mühendislik süreçleriyle iş birliği yaparak işlevsel müzik aletleri tasarlamaya kadar geniş bir yelpazede beceri geliştirmişlerdir. Bu süreç, bilimsel akıl yürütme ve bilgi inşası konusunda derinlemesine deneyimler sunmuş, aynı zamanda öğretmenlere, tasarım ve bilimsel keşif arasındaki bağlantıları öğretme konusunda yardımcı olmuştur. Bu bağlamda, LEGO mühendislik tabanlı öğretim, fen öğretmenlerinin öğrencileri yönlendirme, tasarım süreçlerini anlamalarına yardımcı olma ve bilimsel kavramları somutlaştırmada kritik bir yetkinlik gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

21.yüzyıl öğrenme çerçevesinde öne çıkan *yaratıcılık ve yenilikçilik, eleştirel düşünme ve problem çözme, iletişim ve iş birliği* gibi öğrenme ve inovasyon becerileri ile *bilgi, medya ve teknoloji okuryazarlığı* alanındaki yeterlikler, yalnızca genel eğitim hedefleri değil, aynı zamanda fen bilimleri öğretmenlerinin mesleki yeterlikleri açısından da önem taşımaktadır. Öğrencilerin bilgiye erişim biçimlerinin hızla değiştiği, disiplinler

arası düşünmenin ve uygulamanın öne çıktığı günümüzde, fen öğretmenlerinin bu becerileri sınıf içi uygulamalarına entegre etmesi, öğrencilerin bilimsel düşünme alışkanlıkları geliştirmelerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu kapsamda, öğretmenlerin 21. yüzyıl becerilerini sınıf içi uygulamalara entegre edebilme fırsatlarını fark etmeleri, hangi geleneksel etkinliklerin yerine bu becerileri yerleştirebileceklerini belirlemeleri ve doğrudan öğretim ile proje temelli öğretimi dengeli bir şekilde kullanmaları önerilmektedir. Ayrıca, öğretmenlerin konu alanına dair daha derinlemesine anlayış geliştirmeleri; bu sayede problem çözme, eleştirel düşünme gibi becerileri daha etkili kazandırabilmeleri beklenmektedir. Öğrenme stilleri, zekâ türleri, bireysel güçlü ve zayıf yönler gibi öğrenci farklılıklarını tanıma konusunda da öğretmen yeterliliklerinin geliştirilmesi önemlidir. Bununla birlikte, öğretmenlerin bu becerileri içselleştirebilmesi için 21. yüzyıl profesyonel öğrenme toplulukları içerisinde iş birliği yapmaları önerilmektedir (Partnership for 21st Century Skills 2009).

"Öğrenen olarak fen bilgisi öğretmeni (*science teacher as learner*)" ifadesi, bilim öğretiminin uzun süredir okullarda yaygın olan "anlatım" geleneğine yönelik gerekli bir meydan okumayı içinde barındırması açısından dikkat çekici bir tanımlamadır. Bu ifade, bilimsel bilgilerin yalnızca önermesel olarak aktarılması şeklindeki yaygın ve kalıplaşmış öğretim anlayışına karşı, bilim öğretiminin anlaşılma ve öğrenmeyle ilgili bir yaklaşımla yapılması gerektiğini ima etmektedir. Bu bağlamda, fen öğretmenin öğrenen kimliğiyle hareket etmesi, yalnızca öğretim sürecine değil, aynı zamanda kendi pedagojik ve alan bilgisine yönelik sürekli bir sorgulama ve gelişim sürecini de zorunlu kılmaktadır. Yapılandırmacı öğrenme anlayışından beslenen bu yaklaşım, öğretmenlerin öğrencilerden bekledikleri bilimsel öğrenme biçimlerini, kendi öğretim uygulamalarıyla ne ölçüde örtüştürdüklerini değerlendirmelerini gerektirir. Dolayısıyla, bilim öğretiminin bilimsel öğrenmeyle uyumlu hale getirme çabasında, fen öğretmenin "öğrenen" rolünü benimsemesi, günümüzde mesleki yeterliklerinin önemli bir bileşeni olarak görülmektedir (Loughran 2007).

Hewson ve Hewson'a (1988) göre, fen öğretimine uygun bir anlayış hem içsel hem de dışsal özelliklerle tanımlanmalıdır. İçsel özellikler bağlamında fen bilgisi öğretimi, belirli öğrencilerin belirli içerikleri (bilgi, beceri veya tutum) öğrenmesine yardımcı

olacak görev ve etkinliklerden oluşmalıdır. Öğretmen, öğretmekte olduğu fenin olgularını, yöntemlerini ve temel kavram, ilke ve kuramlarını bilmeli; bu içerikten öğrencilerine uygun olanları seçebilmelidir. Öğrencilerin sahip oldukları kavramları, bu kavramların bilimsel geçerliliğini, kavramları desteklemek için kullandıkları gerekçeleri ve zorlandıkları konuları da bilmelidir. Öğrencilerin mevcut bilgileriyle yeni bilgileri anlamlandırma sürecine girdikleri ve bu sürecin “kavramsal değişim” olarak tanımlanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle öğretmen, öğrencilerin mevcut kavramlarını dikkate alan, bu kavramları teşhis eden, öğrencilerin fikirlerini netleştirmelerine olanak tanıyan, istenilen bilgiyi sunan, farklı görüşler arasında karşılaştırma yapan ve çeşitli örneklerle açıklama-uygulama fırsatı sunan öğretim stratejilerini kullanmalıdır. Bu stratejilere uygun materyallerin öğretim etkililiğini artırdığı da bilinmelidir. Öğretmen, konuyu, öğrenciyi ve öğretim stratejilerini dikkate alarak, belirlenen içeriğin öğrenilmesini sağlayacak şekilde öğretimi planlayıp uygulayabilmelidir. Dışsal özellikler açısından ise, öğretmenlerin bilgi, beceri ve tutumlarının bir bütün oluşturduğuna ve bu bütünün öğretim performansı ile ilişkili olduğuna dair kanıtlar bulunmaktadır. Ayrıca bu ilişkinin, uygun öğretim stratejilerini hayata geçirmeye yönelik materyallerle güçlendiği belirtilmektedir (Hewson ve Hewson 1988).

2.2.3 Dünyada ve Türkiye’de Fen Bilimleri Öğretmen Yeterlikleri

Fen öğretmenlerinin yeterliklerine ilişkin çalışmalar, eğitimdeki farklı paydaşların beklenti ve taleplerini göz önünde bulundurarak şekillenmektedir. Ulusal Fen Öğretmenleri Derneği’nin (*National Science Teachers Association – NSTA*) 2003 yılında yayımladığı Fen Öğretmeni Yetiştirme Standartları (*Standards for Science Teacher Preparation*) adlı belge, bu bağlamda önemli bir referans niteliği taşımaktadır. Söz konusu standartlar, fen öğretmenlerinin sahip olması gereken bilgi, beceri ve tutumları tanımlamakta ve bu yeterliklerin, öğrencilerin bilimsel okuryazarlık düzeyini artıracak şekilde yapılandırılmasını öngörmektedir. NSTA, bu standartları geliştirirken Ulusal Fen Eğitimi Standartları(*National Science Education Standards–NSES*) gibi bilim eğitiminin çerçevesini çizen temel belgelerden yararlanmış; fen öğretmenlerinden, bilimsel okuryazarlığı destekleyen öğretim süreçlerini planlamaları ve uygulamaları

beklenmiştir. Bu doğrultuda öğretmenlerin, bilimin doğası, bilim ve teknoloji ilişkisi, bilimsel sorgulama ve bilimle ilişkili toplumsal konular gibi başlıkları öğrencileriyle etkili biçimde çalışabilmeleri gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarının bu yeterlikleri, öğretmen yetiştirme programları boyunca çeşitli değerlendirme noktalarında başarıyla gösterebilmeleri beklenmektedir (National Science Teachers Association [NSTA] 2003).

Ulusal Fen Öğretmenleri Derneği (NSTA), fen bilimleri öğretmenlerinin nitelikli bir fen eğitimi sunabilmeleri için sahip olmaları gereken bilgi, beceri ve tutumları on temel yeterlik alanı altında toplamıştır. Bu yeterlikler, öğretmenlerin yalnızca alan bilgisiyle değil; aynı zamanda pedagojik uygulamalar, öğretim ortamlarının düzenlenmesi ve mesleki gelişim süreçleriyle ilgili yeterliliklerini de kapsamaktadır. İlk olarak, fen öğretmenlerinin temel fen alanlarındaki kavramlara, ilkeler, teoriler ve uygulamalara yönelik kapsamlı ve derin bir bilgiye sahip olmaları beklenmektedir (İçerik Bilgisi – *Content Knowledge*). Bu bilgi, öğretim sırasında kavramsal hataların önlenmesi ve bilimsel anlayışın güçlendirilmesi açısından hayati öneme sahiptir. Öğretmenlerin aynı zamanda bilimin doğasına ilişkin temel kavramları, bilginin nasıl üretildiğini ve bilimsel süreçlerin toplumsal bağlamla ilişkisini bilmeleri gerekmektedir (Bilimin Doğası – *Nature of Science*). Bu sayede, öğrencilerin bilimsel bilgiye eleştirel bir bakış geliştirmeleri sağlanabilir. Etkili bir fen eğitimi için öğretmenlerin, öğrencilerin aktif katılımını teşvik eden, sorgulamaya dayalı öğrenme süreçlerini tasarlamaları ve yürütmeleri beklenmektedir (Sorgulama – *Inquiry*). Ayrıca, öğretmenlerin bilimsel ve teknolojik gelişmelerin toplumsal, çevresel ve etik yönlerini anlamaları ve bu konularda öğrencilerini düşündürmeleri gerekmektedir (Bilimle İlgili Konular – *Issues*). Öğretmenlerin etkili planlama yapabilmeleri, çeşitli öğretim stratejileri seçip uygulayabilmeleri ve öğrenme sürecini izleyip değerlendirebilmeleri gerekmektedir (Genel Öğretim Becerileri – *General Skills of Teaching*). Ulusal ve yerel düzeyde belirlenmiş öğretim programlarına uygun biçimde öğretimi planlamak ve öğrencilerin bilimsel içerikle anlamlı bağlar kurmalarını sağlamak da öğretmenlerin sorumluluğundadır (Öğretim Programı – *Curriculum*). Ayrıca, öğretmenlerin okul dışı kaynakları (müzeler, bilim merkezleri, çevresel kuruluşlar vb.) kullanarak öğrencilerin bilimle günlük yaşam arasında bağlantı kurmalarını desteklemeleri gerekmektedir

(Toplumla İlişkilendirme – *Science in the Community*). Öğrenci öğrenmelerini ölçme ve değerlendirme konusunda çeşitli araçları ve stratejileri etkili biçimde kullanabilme, bu değerlendirmeleri öğretim sürecini geliştirmek amacıyla analiz edebilme yeterliliği de öğretmenlerden beklenmektedir (Değerlendirme – *Assessment*). Laboratuvar etkinliklerinde ve deneysel çalışmalarda öğrenci güvenliğini sağlama, güvenlik protokollerine uyma ve güvenli bir öğrenme ortamı oluşturma da önemli bir öğretmen yeterliğidir (Güvenlik – *Safety*). Son olarak, öğretmenlerin bilimsel ve pedagojik gelişmeleri izleyerek mesleki gelişimlerini sürekli hale getirmeleri, meslektaşlarıyla iş birliği yapmaları ve yaşam boyu öğrenen bireyler olmaları beklenmektedir (Mesleki Gelişim – *Professional Growth*). Bu on yeterlik alanı, NSTA’nın fen öğretmeni yetiştirme vizyonunun temelini oluşturmaktadır ve fen öğretmenlerinin öğrencilerinin bilimsel okuryazarlıklarını geliştirmelerinde kritik bir rol oynamaktadır (NSTA 2003).

Dünyanın farklı ülkelerinde fen öğretmeni yeterliliği ile ilgili farklı yaklaşımlar gözlenmektedir. Bunun bir örneği Mathelitsch’in (2013) yaptığı çalışmasında görülmektedir. Mathelitsch’in çalışmasında, yeterlik (competence) kavramının tanımında ülkeler arasında ve zaman içinde değişen yaklaşımlar olduğu ifade edilmektedir. Yazar, geleneksel olarak yeterliklerin sosyal yeterlikler veya öğrenmeyi öğrenme gibi genel becerilerle ilişkilendirildiğini, hatta bazen yalnızca bilgi ve becerilerle sınırlandırıldığını belirtmektedir. Ancak Mathelitsch’e göre, günümüzde yeterliklerin sadece bilgi ve beceriden ibaret olmadığı, bireyin bunları kullanma isteği ve farkındalığını da içermesi gerektiği konusunda genel bir uzlaşma bulunmaktadır. Bu soyut tanımı somutlaştırmak amacıyla yeterlik modellerinin geliştirildiğini vurgulayan yazar, bu modellerin yeterliklerin yapısını ortaya koyduğunu, farklı bağlamlara uygulanabildiğini ve eğitimsel standartların oluşturulmasına temel teşkil ettiğini ifade etmektedir. Mathelitsch’in çalışmasında, Almanya, İsviçre ve Avusturya gibi ülkelerin fen alanındaki yeterlik modellerinin üç ortak boyut içerdiği belirtilmektedir: içerik, düzey ve beceri (Mathelitsch 2013).

Dünyanın farklı ülkelerinde fen öğretmeni yeterliklerine ilişkin farklı yapılandırmalar göze çarpmaktadır. Bu kapsamda Amerika Birleşik Devletleri’nde Texas Eyaleti Eğitim Sertifikasyon Kurulu tarafından geliştirilen Uzman Fen Bilimleri Öğretmeni

Standartları (*Master Science Teacher Standards*) belgesi, fen öğretmenlerinin sahip olması gereken ileri düzey yeterlikleri dokuz başlık altında tanımlamaktadır. Bu standartlarda, öğretmenin fen içerik bilgisine hâkim olması ve bunu müfredata uygun biçimde başkalarına rehberlik edecek düzeyde kullanabilmesi beklenmektedir. Öğretmenin bilimin doğasını, tarihsel gelişimini ve bilim-toplum etkileşimini anlayarak bu konularda başkalarına rehberlik edebilmesi vurgulanmaktadır. Ayrıca bilimsel sorgulama süreçlerini kavrama, uygulama ve başkalarına da öğretme sorumluluğu öne çıkmaktadır. Ulusal ve eyalet düzeyindeki standartlara hâkimiyet, disiplinler arası entegrasyon ve dikey müfredat uyumu gibi beceriler, öğretmenin program geliştirme sürecine etkin katılımını gerektirmektedir. Sınıf, saha ve laboratuvar ortamlarında güvenli, etik ve sorumlu uygulamaları modelleme ve bu konuda başkalarını da yönlendirme yetkinliği de yeterlikler arasında yer almaktadır. Farklı öğrenen profillerine uygun öğretim stratejileri geliştirme, çeşitlendirme ve bu konuda rehberlik etme yeterliği öne çıkarken; öğrenme ortamında olumlu tutum, yüksek beklenti ve bilimsel öğrenmeye yönelik tutku da önemli bir yeterlik boyutu olarak tanımlanmıştır. Öğretmenlerin öğrenci değerlendirmeleriyle ilgili araçları seçme, geliştirme, analiz etme ve bu becerileri meslektaşlarına da kazandırma sorumluluğu vurgulanmıştır. Son olarak, öğretmenin mesleki iş birliği, liderlik, danışmanlık ve mesleki gelişim faaliyetlerinde etkin rol alması beklenmektedir (Texas State Board for Educator Certification 2004).

UNESCO tarafından geliştirilen Öğretmenler için Bilişim ve İletişim Teknolojisi Yeterlilik Çerçevesi (ICT Competency Framework for Teachers - ICT CFT), tüm branşlardaki öğretmenlerin dijital becerilerini geliştirmeyi amaçlayan kapsamlı bir rehberdir (UNESCO 2018). Bu çerçeve, öğretmenlerin teknoloji entegrasyonu yoluyla etkili öğretim yapabilmeleri için gerekli bilgi, beceri ve tutumları tanımlar. Fen bilimleri öğretmenleri açısından değerlendirildiğinde, ICT CFT'nin sağladığı genel dijital yeterlilikler fen öğretimi süreçlerinde teknoloji kullanımını optimize etmek için temel bir referans olarak kabul edilebilir. Dolayısıyla, bu çerçeve fen öğretmenlerinin dijital pedagojik becerilerinin geliştirilmesinde önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Çerçevenin hedefi, öğretmenlerin dijital araçları kullanarak öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirmesi ve mesleki gelişimlerini sürekli hale getirmeleridir.

BİT Eğitiminde Yeterlilikler İçin Model

	Bilgi Edinme	Bilgiyi Derinleştirme	Bilgi Yaratma
Eğitimde BİT Anlayışı	Politika Anlayışı	Politika Uygulaması	Politika Yeniliği
Müfredat ve Değerlendirme	Temel Bilgi	Bilgi Uygulaması	Bilgi Toplumu Becerileri
Pedagoji	BİT Destekli Öğretim	Karmaşık Problem Çözme	Öz Yönetim
Dijital Becerilerin Uygulanması	Uygulama	Enfüzyon (Bütünleştirme)	Dönüşüm
Organizasyon ve Yönetim	Standart Sınıf	İş Birlikçi Gruplar	Öğrenen Organizasyonlar
Öğretmen Mesleki Öğrenimi	Dijital Okuryazarlık	Ağ Kurma	Yenilikçi Öğretmen

Şekil 2.1 UNESCO BİT Öğretmen Yeterlik Çerçevesi Sürüm 3 Görseli (UNESCO, 2018) 'den Türkçe' ye uyarlanmıştır.

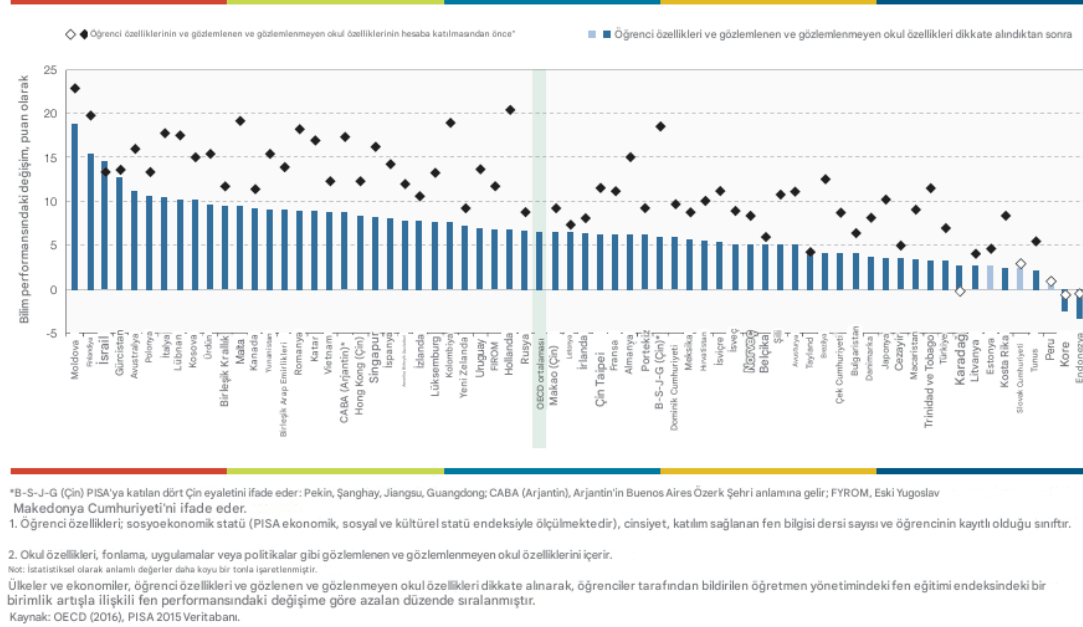
UNESCO tarafından geliştirilen ve öğretmenlerin bilgi ve iletişim teknolojilerini (BİT) eğitim süreçlerine nasıl entegre edebileceklerini gösteren bu çerçeve (Şekil 2.1), öğretmen yeterliklerini üç ana düzeyde (Bilgi Edinme, Bilgi Derinleştirme ve Bilgi Yaratma) ve altı boyutta tanımlamaktadır. Bu boyutlar; eğitimde BİT anlayışı, müfredat ve değerlendirme, pedagoji, dijital becerilerin uygulanması, organizasyon ve yönetim ile öğretmen mesleki öğrenimidir. Her boyut, öğretmenlerin dijital yeterlik gelişimine yönelik belirli bir basamakta konumlandırılmıştır (UNESCO 2018).

OECD tarafından yayımlanan *PISA in Focus No. 90* başlıklı raporda (OECD 2018), fen bilimleri öğretmenlerinin sınıf içi öğretim yaklaşımlarının öğrencilerin fen başarısı ve fenle ilişkili tutumları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Rapor, PISA 2015 uygulamasında öğrencilerin maruz kaldığı öğretim uygulamaları ile fen başarıları arasındaki ilişkiyi analiz etmiş ve üç temel öğretim yaklaşımına odaklanmıştır: öğretmen yönlendirmeli öğretim (teacher-directed instruction), sorgulamaya dayalı öğretim (enquiry-based instruction) ve uyarlanabilir öğretim (adaptive instruction).

Öğretmen yönlendirmeli öğretim yaklaşımı, öğretmenin bilimsel kavramları doğrudan açıkladığı, öğrencilerin sorularını yanıtladığı ve sınıf tartışmalarını yönettiği yapılandırılmış öğretim süreçlerini içermektedir. Bu yöntem, PISA 2015 verilerine göre Şekil 2.2’den de görüleceği üzere, tüm ülkelerde ve her performans düzeyinde fen başarısıyla pozitif ve istikrarlı bir ilişki göstermiştir. Öğretmen yönlendirmeli öğretimin sınıf ortamından bağımsız olarak etkili olması, bu yöntemin özellikle standardize test başarısını artırmaya yönelik güçlü bir strateji olduğunu ortaya koymaktadır.

Fen bilimleri ve öğretmen yönetimindeki fen bilimleri eğitiminde performans

Öğrenci özellikleri ve gözlemlenen ve gözlemlenmeyen okul özellikleri hesaba katıldıktan önce ve sonra, öğretmen tarafından yönetilen fen eğitimi endeksinde bir birimlik artışla ilişkili fen performansındaki değişim



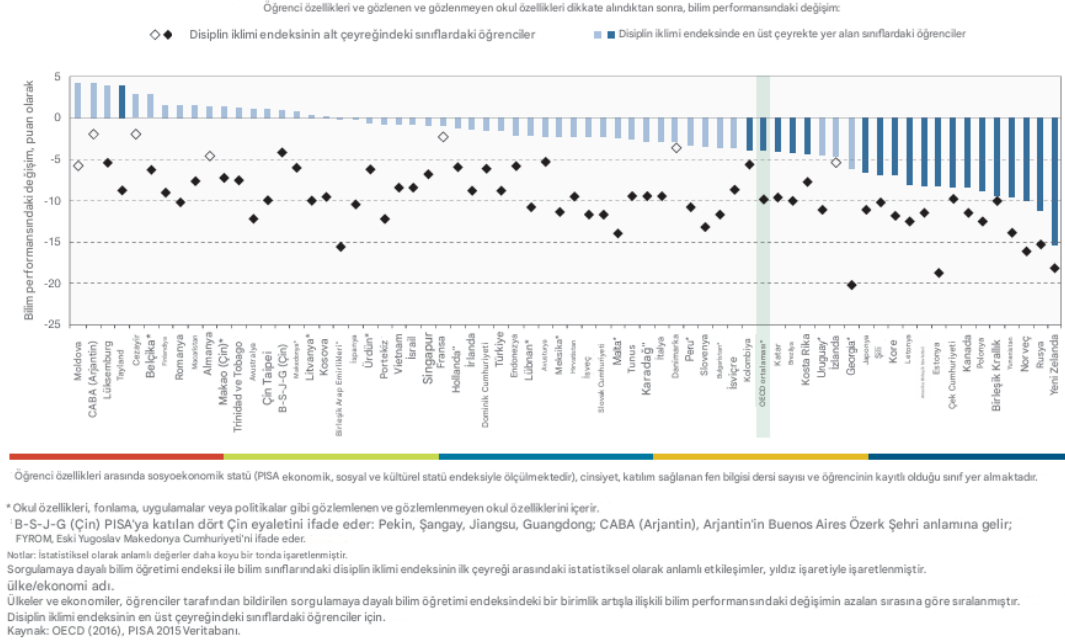
Şekil 2.2 Öğrenci ve okul özellikleri dikkate alınmadan önce ve sonra, öğretmen yönlendirmeli fen öğretiminin fen başarısı üzerindeki etkisi (OECD 2018) 'den Türkçe' ye uyarlanmıştır.

Sorgulamaya dayalı öğretim ise, öğrencilerin bilimsel araştırma süreçlerini deneyimledikleri, deney ve gözleme dayalı öğrenme ortamlarını kapsayan bir yaklaşımdır. Bu yöntemin fen başarısı üzerindeki etkisinin sınıf disiplini düzeyi ile anlamlı biçimde ilişkili olduğu belirlenmiştir. Özellikle disiplinin düşük olduğu sınıflarda sorgulamaya dayalı öğretim uygulamalarına daha sık maruz kalan öğrencilerin fen başarıları düştüğü halde, disiplinin yüksek olduğu sınıflarda bu etkinin pozitif yönde değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu öğretim tarzı öğrencilerin fenle ilgili

olumlu tutumlar geliştirmesinde, özellikle kız öğrencilerin fenle ilgili kariyer beklentilerinin artmasında etkili olmuştur.

Bilim ve sorgulamaya dayalı bilim öğretiminde performans

Fen derslerindeki disiplin iklimine göre, sorgulamaya dayalı fen öğretimi endeksindeki bir birimlik artışla ilişkili fen performansındaki değişim



Şekil 2.3 Sınıf disiplini düzeyine göre sorgulamaya dayalı fen öğretiminin fen başarısı üzerindeki etkisi (OECD 2018) 'den Türkçe' ye uyarlanmıştır.

Uyarlanabilir öğretim yaklaşımı, öğretmenin öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre öğretimi yapılandırması, zorlanan öğrencilere bireysel destek sağlaması ve dersin yapısını esnek biçimde değiştirmesini içermektedir. Bu yaklaşımın da pek çok ülkede fen başarısıyla pozitif ilişkili olduğu, özellikle İskandinav ülkelerinde etkisinin daha güçlü olduğu rapor edilmiştir.

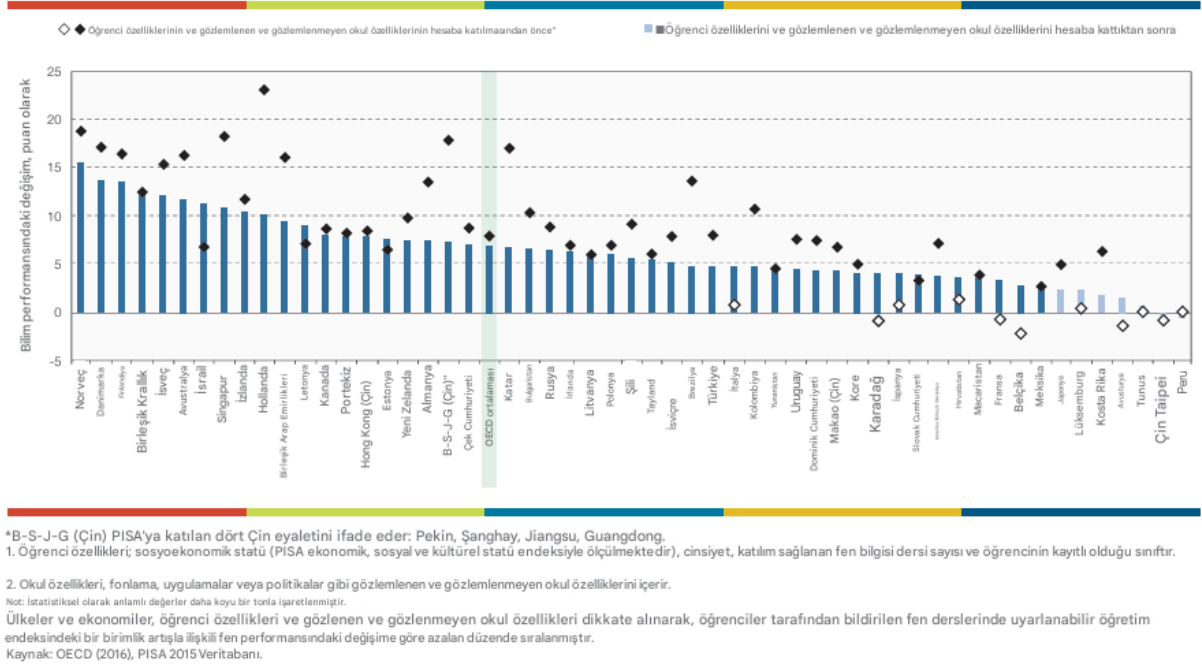
Raporun vardığı temel sonuçlar sıralanacak olursa;

1. Öğretmen yönlendirmeli öğretim, öğrenci fen başarısı ile en güçlü ve istikrarlı biçimde ilişkili öğretim yaklaşımıdır. Bu yöntemin etkisi sınıf ortamından bağımsız olarak gözlemlenmiştir.
2. Sorgulamaya dayalı öğretim, öğrencilerin fenle ilgili tutumlarını ve kariyer beklentilerini olumlu etkileyen bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bu yöntemin akademik başarıya katkısı sınıf disiplin düzeyine bağlıdır.

3. Uyarlanabilir öğretim, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına uygun öğretimin başarıyı artırabildiğini göstermektedir. Bu durum özellikle karmaşık konuların öğretiminde ve öğrenci farklılıklarının gözetilmesi gereken sınıflarda etkili olmaktadır.
4. En yüksek öğrenme kazanımları, bu üç yaklaşımın dengeli ve esnek şekilde bir arada kullanılmasıyla elde edilmektedir. Öğretmenlerin hem öğretim yöntemlerinde hem de sınıf yönetiminde yetkin olması, öğrencilerin fen başarısını ve fenle ilgili motivasyonunu artırmada kritik bir rol oynamaktadır.

Fen derslerinde performans ve uyarlanabilir öğretim

Öğrenci özellikleri ve gözlemlenen ve gözlemlenmeyen okul özelliklerini hesaba alınmadan önce ve sonra, fen derslerinde uyarlanabilir öğretim endeksinde bir birimlik artışla ilişkili fen performansındaki değişim



Şekil 2.4 Öğrenci ve okul özellikleri dikkate alınmadan önce ve sonra, uyarlanabilir fen öğretimi endeksinde bir birimlik artışın fen başarısına etkisi (OECD 2018) 'den Türkçe' ye uyarlanmıştır.

Türkiye'de fen bilimleri öğretmeni yeterlikleri konusunda en güncel ve yönlendirici belge, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan *2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3-8. Sınıflar)*'dır. Bu program, sadece öğrencilerin değil, aynı zamanda öğretmenlerin de sahip olması gereken bilgi, beceri ve değerleri işaret eden önemli bir politika belgesi niteliğindedir.

Programın temel yaklaşımı, öğretmenlerin öğrencilerde bilimsel okuryazarlık, değer temelli bilim anlayışı, eleştirel ve yaratıcı düşünme, sürdürülebilir yaşam bilinci ve disiplinler arası bakış açısı gibi 21. yüzyıla özgü becerileri geliştirmede aktif rol üstlenmelerini öngörmektedir. Bu bağlamda öğretmenlerden;

- Öğrencilerin merak ve sorgulama duygusunu desteklemeleri,
- Bilimsel süreç becerilerini kazandırmaları,
- Fen öğretimini günlük yaşamla ilişkilendirmeleri,
- Teknoloji, çevre ve etik konularını bütüncül bir şekilde ele almaları,
- Öğrencilere bilimsel bilgi üretme yöntemlerini modellemeleri beklenmektedir (MEB 2024, s. 4-5).

Programda özellikle vurgulanan noktalardan biri, öğretmenlerin bilimi bir değer olarak sunabilmeleridir. Fen öğretmenlerinden, sadece bilimsel bilgiyi aktarmaları değil, aynı zamanda bilimsel düşüncenin etik, estetik ve ahlaki yönlerini de öğrencilerine kazandırmaları istenmektedir. Bu doğrultuda öğretmenlerin, öğrencilerin değerlerle donanmış bireyler olarak yetişmelerine katkı sağlayacak şekilde rehberlik etmeleri önemsenmektedir.

Ayrıca öğretim programı, fen bilimleri öğretmenlerinin öğrenci merkezli ve bütüncül öğretim stratejileri kullanmalarını teşvik etmektedir. Özellikle tasarım odaklı düşünme, problem çözme, proje tabanlı öğrenme gibi çağdaş öğretim yaklaşımlarının kullanılmasını öneren program, öğretmenlerin bu yöntemleri etkin biçimde planlayıp uygulama yeterliğine sahip olmalarını beklemektedir.

Tüm bu yönleriyle 2024 Fen Bilimleri Öğretim Programı, fen öğretmenlerinden yalnızca akademik bilgi değil, aynı zamanda pedagojik, ahlaki, çevresel ve teknolojik sorumluluk bilinciyle donanmış bütüncül bir öğretmen profili benimsemelerini talep etmektedir. Bu bağlamda program, öğretmen yeterlikleri açısından çağın ihtiyaçlarına uygun, değer odaklı, bilimsel düşüncüyü merkeze alan ve öğrenci gelişimini önceleyen bir yaklaşım sunmaktadır.

Türkiye'de fen öğretmeni yetiştirme süreçleri, zaman içinde değişen eğitim yaklaşımları, ulusal ve uluslararası değerlendirme sonuçları ve 21. yüzyıl becerileri doğrultusunda

yeniden şekillenme ihtiyacı doğurmuştur. Öğretmenlik mesleğine ilişkin yeterliklerin belirlenmesi ve bu yeterliklere uygun lisans programlarının yapılandırılması hem öğretmen adaylarının mesleki gelişimi hem de öğrenci başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından 2018 yılında öğretmen yetiştirme programlarında kapsamlı bir güncelleme yapılmıştır.

Çizelge 2.1 Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programında Mevcut ve Güncellenen Kredi ile Ders Saati Karşılaştırması (Yükseköğretim Kurulu, 2018).

Kriter	Mevcut Program	Güncellenen Program	Fark
Kredi	153	157	+4
Ders Saati	175	148	-27

Yükseköğretim Kurulu'nun yayımladığı yönerge metninde, öğretmen yetiştirme lisans programlarının yaklaşık 10 yıl boyunca güncellenmemesi nedeniyle, eğitimdeki yeni ihtiyaçları karşılayamaz hale geldiği belirtilmiştir. Bu nedenle, öğretmen adaylarının bilgi, beceri ve değerlerle donatılmalarını sağlayacak; uygulama temelli, araştırmaya dayalı ve gelişime açık bir program modeline geçilmesi gerektiği vurgulanmıştır (YÖK 2018a: 11). Söz konusu güncellenmenin, öğretmenlik uygulamaları ve okul deneyimi gibi alanlarda niteliği artırmak, yükseköğretim kurumları ile okullar arasında etkin iş birliği kurmak ve öğretmen adaylarını çağın gereklerine uygun şekilde yetiştirmek amacıyla yapıldığı ifade edilmiştir (YÖK 2018a: 9).

Bu çerçevede yeniden yapılandırılan Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı, öğretmen adaylarını hem alan bilgisi hem de pedagojik yeterlikler açısından donatmayı hedefleyen bir yapıya sahiptir. Program toplamda 240 AKTS'den oluşmakta ve sekiz yarıyıla yayılmaktadır (YÖK, 2018b: 2). Dersler üç ana başlık altında toplanmıştır: Alan eğitimi (108 AKTS), öğretmenlik meslek bilgisi (90 AKTS) ve genel kültür (42 AKTS). Alan eğitimi kapsamında fizik, kimya, biyoloji, genel matematik, bilimsel muhakeme becerileri, fen öğretimi laboratuvar uygulamaları gibi dersler yer alırken; öğretmenlik meslek bilgisi grubunda öğretim ilke ve yöntemleri, sınıf yönetimi, okullarda rehberlik, özel öğretim ve kaynaştırma, öğretim teknolojileri gibi dersler sunulmaktadır. Genel kültür dersleri ise Türk dili, Atatürk ilkeleri ve inkılap tarihi, topluma hizmet uygulamaları, yabancı dil ve bilişim teknolojileri gibi başlıklardan oluşmaktadır (YÖK 2018b: 2).

Çizelge 2.2 Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programında Ders Alanlarına Göre Yüzdelik Dağılım (Yükseköğretim Kurulu, 2018)

Ders Alanı	Yüzde (%)
Meslek Bilgisi	34
Genel Kültür	18
Alan Eğitimi	48

Programın temel hedeflerinden biri, öğretmen adaylarını sadece bilgi aktaran bireyler olarak değil; aynı zamanda araştıran, sorgulayan, iş birliği yapabilen ve iletişim becerileri gelişmiş bireyler olarak yetiştirmektir. Bu nedenle güncellenen programda, kuramsal bilgi ile uygulama arasındaki ilişkiyi güçlendirmeye, okul-üniversite iş birliğini artırmaya ve adayların sahaya etkin şekilde hazırlanmasına yönelik bütüncül bir yaklaşım benimsenmiştir (YÖK 2018a: 12–13). Bu bütüncül yaklaşım doğrultusunda, öğretmen adaylarının disiplinlerarası öğrenme, okul dışı öğrenme ortamları, bilimsel süreç becerileri, problem çözme, karar verme ve eleştirel düşünme gibi alanlarda gelişimini destekleyici içerikler yer almaktadır (YÖK 2018b: 15–17).

2.2.4 Project 2061 ve 21. Yüzyılda Fen Bilimleri Öğretmeni Yeterliklerine Katkısı

Project 2061, bireylerin bilim, matematik ve teknoloji okuryazarlığını geliştirmeyi amaçlayan uzun vadeli bir eğitim reform girişimidir. Bu projenin temel hedefi, tüm öğrencilerin lise mezuniyetine kadar bilimsel okuryazarlık düzeyine ulaşmalarını sağlamak; yani bilimsel kavramları anlayan, eleştirel düşünebilen, kanıtlara dayalı kararlar verebilen bireyler yetiştirmektir. Proje, iki temel belgeye dayanır: Science for All Americans (SFAA) ve onun tamamlayıcısı olan Benchmarks for Science Literacy. SFAA, yetişkin bir bireyin sahip olması gereken bilim okuryazarlığı düzeyini tanımlarken; Benchmarks, öğrencilerin bu düzeye hangi aşamalarda (2, 5, 8 ve 12. sınıf sonlarında) hangi bilgi ve becerilere sahip olmaları gerektiğini belirtir. Project 2061, müfredat reformunun; öğrencilerin yaşam boyu kullanabilecekleri kalıcı bilgi ve becerilerle donatılmasına yönelik olması gerektiğini savunur. Bu kapsamda, mevcut müfredatın aşırı yüklü olduğu, öğrencilerin kısa vadeli ezberlere zorlandığı ve bu durumun derinlemesine öğrenmeyi engellediği vurgulanmaktadır. Bu nedenle, öğretim programlarının sadeleştirilmesi gerektiği önerilmektedir. Ayrıca, proje disiplinler arası bir yaklaşımı benimseyerek, bilim, matematik ve teknolojinin birbirleriyle ve sanat,

beşeri bilimler ile mesleki alanlarla olan bağlantılarının da vurgulanmasını önerir. Bu süreçte kullanılan öğretim yöntemleri, materyaller ve uygulamalar; öğretmenin tercihi, öğrencilerin ilgi ve ihtiyaçları, yerel koşullar ve eğitim politikaları gibi unsurlar doğrultusunda çeşitlenebilir. Son olarak, Project 2061'in savunduğu reform anlayışı bütüncül ve uzun vadeli olmalıdır. Yani sadece müfredatla sınırlı kalmayıp; öğretmen eğitimi, ölçme-değerlendirme, materyal geliştirme, okul organizasyonu ve politika düzeyinde de dönüşüm gereklidir. Bu yaklaşım, tüm sınıf düzeylerini ve tüm öğrencileri kapsayan kapsamlı bir değişimi öngörmektedir (American Association for the Advancement of Science [AAAS] 2009).



Şekil 2.5 Halley Kuyruklu Yıldızı ve AAAS Project 2061 logosu. AAAS Project 2061 (2010)

Bu görsel (Şekil 2.5), American Association for the Advancement of Science (AAAS) tarafından yürütülen Project 2061'in simgelerinden biridir. 1985 yılında başlatılan Project 2061, Halley Kuyruklu Yıldızı'nın Dünya'dan son görünüş yılına (1985) ve tekrar görünüş yılına (2061) atıfta bulunarak, bilim, matematik ve teknoloji okuryazarlığını artırmayı amaçlayan uzun vadeli bir eğitim girişimidir. Görseldeki Halley Kuyruklu Yıldızı, eğitimde sürdürülebilir değişimin ve nesiller boyu süren bilimsel ilerlemenin sembolü olarak yer almaktadır.

Project 2061, eğitimde kapsamlı bir dönüşüm hedefleyen uzun vadeli bir girişim olarak, K-12 seviyesindeki bilim okuryazarlığını artırmayı amaçlamaktadır. Projenin temel

prensipleri, eğitimde derinlemesine ve anlamlı öğrenmenin, yüzeysel ve parçalı bilgi yığınının daha değerli olduğunu vurgular. Bu nedenle, okulların daha az konuyu daha iyi öğretmesi gerektiği, böylece öğrencilerin bilimden sıkılmak yerine ilgi duyarak daha fazla öğrenebileceği savunulur. Ayrıca, gerçek dünya ile bağlantılı, öğrencilere entelektüel olarak dokunan, deneyimsel ve etkinlik tabanlı öğrenme yöntemlerinin sınıf ortamında yaygınlaştırılması teşvik edilir. Öğrenci kitlesinin çeşitliliği göz önünde bulundurularak, farklı kültürel arka planlara ve öğrenme stillerine sahip bireylerin, özellikle kız öğrenciler, azınlıklar ve engellilerin ihtiyaçlarını karşılayacak materyal ve yöntemlerin kullanılması önemsenir. Müfredatın farklı disiplinler arasında bağlantılar kurarak, lineer ve parçalı yaklaşımlar yerine bütüncül ve sistematik düşünme becerilerini desteklemesi beklenir (Harty 1993).

Kesidou'ya (2001) göre, öğretmenler müfredat materyallerini seçerken genellikle konuların kapsamı, metnin zorluk seviyesi, görsellik, öğrenci çeşitliliğine yönelik duyarlılık, laboratuvar etkinliklerinin çeşitliliği, öğretmen destek materyallerinin yeterliliği ve maliyet gibi çeşitli unsurları göz önünde bulundurmaktadır. Bu değişkenlerin her biri önemli olmakla birlikte, tek başına materyalin öğrencide ne tür bir öğrenmeye neden olacağına ve bu öğrenmenin gerçekten gerekli ve anlamlı olup olmadığına dair yeterli bilgi sunmamaktadır. Bu bağlamda Project 2061'in geliştirdiği müfredat materyali analiz prosedürü, yukarıda belirtilen özellikleri tamamen reddetmeden, iki temel gerekliliğe odaklanmaktadır: (a) İçeriğin, açıkça belirlenmiş, anlamlı ve yaşa uygun bir dizi öğrenme hedefi etrafında tutarlı bir şekilde yapılandırılmış olması ve (b) öğretim tasarımının bu öğrenme hedeflerine ulaşmayı etkili biçimde desteklemesi.

Bazler ve Charles'ın (1993) *Project 2061: A University Model* başlıklı makalesinde, Project 2061 hedeflerinin üniversite düzeyinde öğretmen eğitimi programlarına nasıl entegre edilebileceğine dair bir model sunulmaktadır. Bu model, öğretmen adaylarına Project 2061'in uygulanabilirliğini ve hedeflerinin ulaşılabilirliğini doğrudan göstermektedir. Ayrıca, etkileşimli öğretim yöntemleri geliştiren diğer üniversite dersleri için de bir temel teşkil eder. Model, başkalarını eğitecek olanlar için gerçek bir çalışma modeli sunar.

2.2.5 Fen Bilimleri Öğretmen Yeterlikleriyle İlgili Araştırmalar

2.2.5.1 Ulusal Alanyazın Araştırmaları

Sever ve Bostancı (2020) tarafından yürütülen çalışmada, fen öğretmeni yeterliklerine ilişkin olarak öğretim sürecinde bilişsel ve psikomotor kazanımlardan ziyade duyuşsal kazanımlara ağırlık verildiği genel bir yorum olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, öğretim programlarının günlük yaşamla ilişkilendirilmesi gerekliliği farklı kategorilerde sıklıkla vurgulanmıştır. Öğretmenlerin öğretim sürecinde bireysel farklılıkları dikkate alarak plan yapmaları, materyal seçmeleri ve değerlendirme süreçlerini buna göre yapılandırmaları gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, çağın gerekliliklerine uygun olarak öğretim etkinliklerinin düzenlenmesinde teknolojinin etkin kullanımına ve öğretmenlerin bireysel ve mesleki yeterliklerinin geliştirilmesine duyulan ihtiyaç ön plana çıkmaktadır.

Babacan ve Şaşmaz Ören (2015) tarafından yapılan çalışmada, fen bilgisi öğretmeni adaylarının özel alan yeterliklerine ilişkin farkındalıklarının sınırlı olduğu, bu yeterlikleri çoğunlukla yalnızca alan bilgisi (fizik, kimya, biyoloji) olarak algıladıkları tespit edilmiştir. Ayrıca, öğretmen adayları, "okul, aile ve sosyal çevre ile iş birliği" gibi sosyal yeterlik alanlarına hiç değinmemişlerdir. Bu durum, öğretmen yetiştirme programlarının yalnızca bilişsel alanı değil, sosyal ve iş birliğine dayalı yeterlikleri de kapsayacak biçimde yeniden düzenlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Fen öğretmeni yetiştirme programlarının yeterlik temelli yapılandırılması, öğretmenlerin bilimsel ve pedagojik donanımının geliştirilmesinde temel bir unsurdur. Bu bağlamda Can Aran ve Derman (2020), Türkiye’de 2018 yılında güncellenen Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı’nı, fen bilimleri eğitimi alanında öne çıkan altı ülkenin (Almanya, Amerika, Singapur, Estonya, Finlandiya ve Türkiye) öğretim programlarındaki yeterliklerle karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Türkiye’nin lisans programında en fazla yer verilen yeterliklerin Almanya (%17,2) ve Amerika (%11,4) programlarıyla örtüştüğü; bu yeterliklerin ise büyük oranda fen alan bilgisine dayalı bilimsel süreç becerileri içerdiği görülmüştür. Diğer yandan, Singapur, Estonya ve Finlandiya gibi ülkelerin öğretim programlarında 21.

yüzyıl becerileri (eleştirel düşünme, iletişim, iş birliği, dijital okuryazarlık, girişimcilik, öğrenmeyi öğrenme vb.) ile fen alanına özgü yeterliklerin bütüncül biçimde ele alındığı dikkat çekmiştir. Buna karşılık Türkiye’deki programda bu becerilere sınırlı ölçüde yer verildiği ve öğretmen adaylarının yetiştirilmesinde sosyal, kültürel ve etik yönlerin yeterince dikkate alınmadığı ortaya konmuştur. Bu bağlamda çalışmanın bulguları, Türkiye’deki öğretmen yetiştirme programlarının sadece alan bilgisini değil, aynı zamanda çağın gerektirdiği çok yönlü yeterlikleri de kapsayacak şekilde yeniden gözden geçirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle bilimsel süreç becerileri yanında iletişim, eleştirel düşünme, iş birliği ve etik duyarlılık gibi disiplinler üstü yeterlikler, fen öğretmeni adaylarının profesyonel kimliğini güçlendirecek önemli boyutlar olarak değerlendirilmelidir.

Meriç ve Tezcan (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Türkiye, Japonya, Amerika ve İngiltere’deki Fen Bilgisi öğretmeni yetiştirme programları karşılaştırmalı olarak incelenmiş; nitelikli bir öğretmen yetiştirme programının sahip olması gereken temel unsurlar ortaya konmuştur. Araştırma sonucunda, fen bilgisi, pedagojik bilgiler ve öğrenci ihtiyaçlarını bütünleştiren bir yaklaşımın benimsenmesi gerektiği; öğretmen adaylarının yaşam boyu öğrenen bireyler olarak yetiştirilmesinin önem taşıdığı belirtilmiştir. Ayrıca öğretim sürecinde matematik, çevre eğitimi ve uzay bilimleri gibi alanlarla disiplinler arası bağ kurulması gerektiği vurgulanmıştır. Etkili bir öğretmen yetiştirme programında, öğretmen adaylarının iş birliğine dayalı öğrenme ortamlarında aktif rol alabilmeleri, araştırma temelli öğretim stratejilerini uygulayabilmeleri ve meslek yaşamları boyunca kendilerini geliştirme istekliliğine sahip olmaları gerektiği ifade edilmiştir (Meriç ve Tezcan 2005).

Yeterlikler, sadece kamu okullarında değil, özel öğretim kurumlarında da fen bilimleri öğretmeni istihdamında önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir. Kuş Gürbey ve Büyük (2023) tarafından yapılan çalışmada, özel okullarda görev yapan yöneticilerle görüşmeler yoluyla fen bilimleri öğretmeni istihdam süreci ve beklenen yeterlikler incelenmiştir. Bunun sonucunda özel okulların fen bilimleri öğretmeni işe alım süreçlerinde adayların mesleki bilgi, mesleki beceri, tutum ve değerler gibi öğretmenlik yeterliklerinin yanı sıra 21. yüzyıl becerileri ve eğitim teknolojilerini kullanabilme

becerisinin de öncelikli beklentiler arasında yer aldığı ortaya konmuştur. Ayrıca, özel okulların başvuru, mülakat ve örnek ders anlatımı aşamalarını içeren titiz bir değerlendirme süreci uyguladığı, adayların hem pedagojik hem de teknolojik yeterliliklerinin kapsamlı şekilde değerlendirildiği belirtilmiştir. Bu bulgular, öğretmen yeterliklerinin farklı eğitim kurumları bağlamında da kritik bir seçim ölçütü olduğunu göstermektedir (Kuş Gürbey ve Büyük 2023).

Fen bilimleri öğretmenlerinin öğretim sürecindeki etkinlikleri, sahip oldukları öz yeterlik inançları ile doğrudan ilişkilidir. Öz yeterlik, öğretmenin öğretme sürecinde karşılaştığı zorluklarla başa çıkma ve öğrenme ortamını etkin biçimde yönetme konusundaki inancını ifade eder. Bu kapsamda, Candaş ve Özmen (2022) tarafından yapılan çalışmada fen bilgisi öğretmenlerinin özel alan yeterliklerine yönelik öz yeterlik düzeyleri incelenmiş ve öğretimi destekleme temasında öz yeterlik inançlarının diğer temalara kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, öğretmenlerin *mesleki gelişim* kategorisine yönelik öz yeterlik inançlarının hem ölçek hem de görüşme verilerinde görece düşük olduğu saptanmıştır. Özellikle genç öğretmenlerin bu temaya yönelik öz yeterlik düzeylerinin deneyimli öğretmenlere kıyasla daha yüksek olması, tecrübeli öğretmenlerin zamanla kazandıkları edinimlerle yetinme eğiliminde olmalarından kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Bu bulgu, fen öğretmenlerinin öğrencilerle etkileşim kurma, materyal hazırlama ve süreci takip etme gibi alanlarda kendilerini daha yeterli hissettiklerini; ancak mesleki gelişim bağlamında sürekli yenilenme konusunda desteklenmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu çalışma, gelecekteki fen öğretmeni yeterliklerinin belirlenmesinde öz yeterlik temelli analizlerin önemine işaret etmektedir.

Timur ve İmer Çetin (2017) tarafından yapılan araştırmada, fen ve teknoloji öğretmenlerinin proje geliştirme yeterlikleri ile hizmet içi eğitimin bu yeterlikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada öğretmenlerin proje geliştirme sürecine yönelik yeterliklerinin hizmet içi eğitim öncesinde düşük olduğu, ancak eğitim sonrasında bu yeterlik algılarında belirgin bir artış olduğu belirlenmiştir. Öğretmenlerin en çok zorlandığı alanların proje fikri üretme, değerlendirme raporu yazma ve öğrenci rehberliğinde etkili olamama olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca öğretmenlerin proje

sürecinde okul yönetimi, teknik donanım eksikliği ve öğrenci motivasyonu gibi dış faktörlerden de önemli ölçüde etkilendikleri ifade edilmiştir. Bu bulgular, fen bilimleri öğretmenlerinin yalnızca alan bilgisi değil; proje rehberliği, bilimsel süreç becerileri kazandırma, öğrenciyi güdüleme, okul dışı kaynakları etkin kullanma gibi çok boyutlu yeterliklere sahip olmaları gerektiğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, öğretmen yeterliklerinin gelişiminde uygulamaya dönük hizmet içi eğitimlerin önemine dikkat çekilmektedir. Bu yönüyle çalışma, fen bilimleri öğretmenlerinin proje tabanlı öğretim süreçlerinde karşılaştıkları güçlükleri ve bu güçlüklerin nasıl aşılabileceğine dair önemli ipuçları sunmakta, bu bağlamda öğretmen yeterlikleri literatürüne anlamlı katkılar sağlamaktadır.

Tanel, Kaya Şengören ve Kavcar (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, fen ve fen bilgisi öğretmenlerinin mesleki yeterlik düzeyleri çeşitli değişkenler açısından incelenmiştir. Araştırmada İzmir ilinde görev yapan 437 öğretmenle nicel, 26 öğretmenle ise nitel veri toplanmıştır. Araştırma bulguları, öğretmenlerin görev yaptıkları kademeye göre genel eğitim yeterliği ve fen bilimleri öğretimi yeterliği alt boyutlarında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir. İlköğretimde görev yapan öğretmenlerin, ortaöğretimde görev yapanlara göre yeterlik puanlarının daha yüksek olması; yapılandırmacı yaklaşıma dayalı programların daha etkili uygulanması, temel konuların öğretilmesi ve laboratuvar olanaklarının daha yaygın olması ile açıklanmıştır. Çalışmada, öğretmenlerin hizmet süresi de yeterlik üzerinde belirleyici bir değişken olarak öne çıkmıştır. 1–5 yıl ve 25 yıl üzeri deneyime sahip öğretmenlerin genel eğitim yeterliği puanlarının, 6–10 yıl arası deneyime sahip öğretmenlere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durum, öğretmenliğin ilk yıllarında bilgilerin taze olması ve idealizmin, ileri yıllarda ise deneyimin etkili olabileceğini düşündürmektedir. Hizmet içi eğitim durumu, öğretmen yeterliklerinde anlamlı bir fark yaratmıştır. Hizmet içi eğitime katılmış öğretmenlerin hem genel yeterlik hem de alan yeterlik puanları anlamlı biçimde daha yüksek çıkmıştır. Katılımcılar; laboratuvar teknikleri, deney düzenekleri, öğretim yöntemleri, bilgisayar ve teknoloji kullanımı gibi alanlarda yoğun hizmet içi eğitim ihtiyacı duyduklarını belirtmişlerdir. Bu bulgular, sürekli mesleki gelişim olanaklarının yeterlik üzerinde doğrudan etkili olduğunu desteklemektedir. Ek olarak, öğretmenlerin mezun oldukları yükseköğretim programı ve kurumuna göre de yeterlik düzeylerinde

farklılık gözlenmiştir. Eğitim enstitüsü mezunlarının yeterlik düzeyleri diğer kurumlardan mezun olanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, mesleğinden memnun olduğunu belirten öğretmenlerin yeterlik puanları, kısmen memnun olanlara göre anlamlı biçimde daha yüksek çıkmıştır. Bu bulgu, mesleki doyum ile mesleki yeterlik arasında güçlü bir ilişki olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca öğretmenlerin mesleki yeterliğini etkileyen iç ve dış etkenlerde çalışmada ortaya konmuştur. İç etkenler arasında; öğretim yöntemlerinde bilgi eksikliği, teknoloji kullanımında yetersizlik ve güncel literatürü takip etme sorunları öne çıkarken; dış etkenler arasında laboratuvar olanaklarının sınırlılığı, kalabalık sınıflar, öğrenci profilinin kötüleşmesi, teknolojik altyapı eksiklikleri ve ekonomik nedenler belirleyici olarak ifade edilmiştir.

Millî Eğitim Bakanlığı tarafından öğretmenlik mesleği için belirlenen özel alan yeterlikleri, öğretmen adaylarının mesleki bilgi, beceri ve tutumlarını şekillendirmekte ve öğretim sürecindeki yeterlik algılarını doğrudan etkilemektedir. Sungur Gül ve Özer Özkan (2013) tarafından yapılan çalışmada, fen ve teknoloji öğretmen adaylarının bu özel alan yeterliklerine ilişkin önem düzeyleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Araştırma kapsamında birinci ve dördüncü sınıf öğretmen adaylarının MEB tarafından belirlenen fen öğretmenliği özel alan yeterliklerini nasıl sıraladıkları analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları, öğretmen adaylarının yeterlik algılarının öğrenim süreci boyunca değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Birinci sınıf öğrencileri, en çok "öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirebilme" yeterliğine önem verirken; dördüncü sınıf öğrencileri ise "öğretim sürecini planlama, öğretim ortamlarını düzenleme, materyal hazırlama ve kaynakları etkili kullanma" yeterliklerini daha öncelikli görmüştür. Bu farklılığın, adayların öğretim teknolojileri, özel öğretim yöntemleri ve uygulama temelli dersleri ilerleyen yıllarda almalarıyla oluşan pedagojik farkındalıkla ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Çalışmada ayrıca, bilimsel süreç becerileri geliştirme, fen okuryazarlığı kazandırma, özel gereksinimli bireyleri dikkate alma gibi yeterliklerin dördüncü sınıf öğrencilerinde daha üst sıralarda yer alması; mesleki gelişim, okul-aile-toplum iş birliği ve öğretim ortamlarında güvenlik sağlama gibi yeterliklerin ise her iki grup tarafından daha az öncelikli görülmesi dikkat çekici sonuçlar arasındadır. Bu bulgular, öğretmen adaylarının yeterlik algılarının, yani hangi yeterliklerin daha önemli veya öncelikli olduğu konusundaki düşüncelerinin; hem kişisel özelliklerine (bireysel)

hem de üniversitede aldıkları eğitime (program odaklı) bağlı olarak şekillendiğini göstermektedir. Aynı zamanda, yeterliklerin önem derecelerinin zamanla değişebileceği gerçeği, geleceğe dönük öğretmen yeterlikleri öngörülürken dinamik ve evrilen bir bakış açısının gerekli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yönüyle çalışma, 2061 yılı gibi uzak bir gelecekteki fen bilimleri öğretmeni yeterliklerinin belirlenmesinde önemli bir dayanak oluşturmaktadır.

Ergun, Yurdatapan ve Sürmeli (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının üniversitelerin eğitim fakültelerinde aldıkları lisans derslerinin, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından belirlenen Fen ve Teknoloji özel alan yeterliklerinin kazandırılmasındaki rolüne ilişkin görüşleri incelenmiştir. Çalışma, öğretmen adaylarının özellikle “öğrenme-öğretme sürecini planlama ve düzenleme” yeterliğini en çok kazandıklarını düşündüklerini ortaya koyarken, “okul, aile ve toplumla iş birliği” yeterliğini en az edindiklerini göstermiştir. Bu durum, fen öğretmenliği mesleğinin yalnızca alan bilgisi ve pedagojik becerilerle sınırlı kalmadığını; aynı zamanda sosyal iletişim, toplumsal etkileşim ve iş birliği yeterliklerini de gerektirdiğine işaret etmektedir. Araştırmada, yeterlik algılarının cinsiyet ve yaşanan yer gibi demografik değişkenlerden anlamlı düzeyde etkilenmediği; buna karşın teknoloji kullanımına ilişkin bilgi ve beceri düzeyi yüksek olan öğretmen adaylarının, bilimsel, teknolojik ve toplumsal gelişmeler ile mesleki gelişimi sağlama ve bu gelişimi izleme-değerlendirme gibi alt yeterlik alanlarında anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum teknoloji kullanım düzeyi yüksek olan öğretmen adaylarının, bilimsel ve toplumsal gelişim ile mesleki gelişimi sağlama ve değerlendirme yeterliklerinde daha güçlü oldukları şeklinde yorumlanmıştır. Bu bulgu, teknoloji becerilerinin öğretmenlik mesleğinde yalnızca destekleyici değil, aynı zamanda yeterlik gelişimini etkileyen temel bir unsur olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda çalışma, öğretmen yetiştirme programlarının içerik ve uygulamalarının, fen öğretmenlerinin pedagojik, sosyal ve teknolojik yeterliklerini bütüncül bir yaklaşımla destekleyecek biçimde yapılandırılmasının önemine işaret etmektedir.

Son yıllarda fen bilimleri öğretmenlerinin özel alan yeterliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar, öğretmenlerin bu yeterlik alanlarındaki performanslarını

daha gerçekçi ve bağlamsal olarak ölçmeyi hedeflemektedir. Bu bağlamda Uğuz (2023), fen bilimleri öğretmenlerinin özel alan yeterlik eğilimlerini ölçmek için geliştirdiği Durumsal Yargı Testi (DYT) ile dikkat çekici bir model ortaya koymuştur. Çalışmada geliştirilen durum senaryoları aracılığıyla öğretmenlerin yeterliklerine ilişkin eğilimleri detaylı biçimde analiz edilmiş, bu durum öğretmen yeterliklerinin yalnızca öz-bildirim temelli değil, bağlamsal durumlar üzerinden de değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. Araştırma sonuçları, okul yönetiminin öğretmenlerin yeterlik eğilimleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bu da yönetimle öğretmen niteliği arasında güçlü bir bağ olduğunu ortaya koymaktadır. Yönetimin destekleyici yaklaşımı, öğretmenlerin motivasyonunu artırmak ve mesleki gelişimlerini olumlu yönde etkilemektedir. Cinsiyet analizlerinde, kadın öğretmenlerin öğrenme-öğretme sürecini planlama ve bilimsel, teknolojik gelişim alanlarında daha yüksek yeterlik eğilimleri gösterdiği görülmüştür. Kariyer açısından ise aday öğretmenler ve erken dönem öğretmenler, bilimsel gelişim, değerlendirme, okul-aile-toplum iş birliği ve mesleki gelişim konularında daha olumlu bir yeterlik algısına sahiptir. Bu durum, öğretmenlerin meslek hayatlarının başında daha motive ve gelişime açık olduklarını göstermektedir. Hizmet süresi bakımından, 6-10 yıl arasında çalışan öğretmenler fen öğretimi ve ölçme-değerlendirme alanlarında kendilerini daha yeterli hissetmektedir. Bu durumu yazar 6-10 yıl hizmet süresine sahip fen bilimleri öğretmenlerinin yeterlik eğilimlerinin, 1-5 yıl aralığındakilere göre daha yüksek olmasının nedeni, daha fazla deneyime sahip olmaları ile açıklamaktadır. Ayrıca, 6-10 yıl aralığındakilerin, 11 yıl ve üzerindekiyle kıyasla daha az mesleki yıpranma yaşamış olmaları da bu farkı açıklayabilir. Ayrıca, bilimsel etkinlik düzenleme sıklığı ile öğrenme ve öğretme sürecini planlama yeterlikleri arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur; bu da yeterliklerin uygulamalara yansıdığını göstermektedir. Çalışmada, cinsiyet, öğrenim durumu, kariyer basamağı, hizmet süresi, ders yükü, görev yeri, okul yönetiminin tutumu ve bilimsel etkinlik düzenleme sıklığı gibi faktörlerin, öğretmenlerin fen bilimleri yeterlik eğilimlerini değişen oranlarda (%8,7-18,2) etkilediği görülmüştür. En etkili faktör, öğrenme ve öğretme sürecini planlama olurken, en az etkili ise okul-aile-toplum iş birliği alanıdır.

Bu bulgular, öğretmen yeterliklerinin gelişiminde hem bireysel özelliklerin (cinsiyet, kariyer basamağı, hizmet süresi, bilimsel etkinlik düzenleme sıklığı) hem de kurumsal

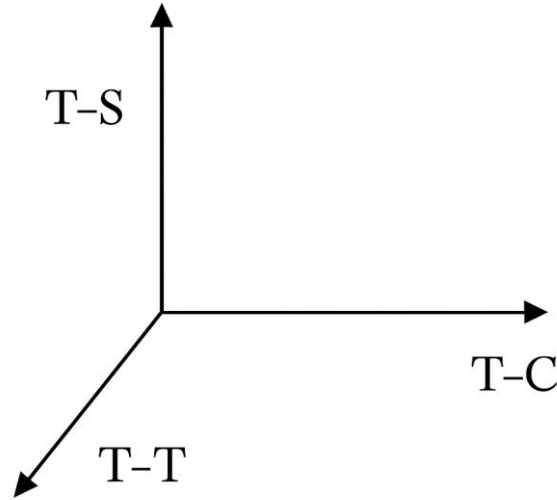
faktörlerin (okul yönetimi tutumu) belirleyici olduğunu göstermesi açısından dikkat çekicidir. Özellikle yeterliklerin erken kariyer döneminde daha yüksek eğilim göstermesi, öğretmenlerin başlangıç yıllarında daha istekli ve motive olduklarını, ancak bu eğilimin zamanla azaldığını düşündürmektedir. Bu nedenle, öğretmenlerin mesleki doyumunu ve yeterlik algısını sürdürülebilir kılacak yapılar geliştirilmesi gerekmektedir.

Ergun ve Çetin (2018), fen bilimleri öğretmenlerinin özel alan yeterliklerine ilişkin algılarını madde yanıt teorisi kapsamında incelemiş ve öğretmenlerin bazı yeterlik maddelerine daha fazla önem verdiğini ortaya koymuştur. Özellikle *“fen bilimleri öğretim ortamında gerekli güvenlik önlemlerini alabilme”*, *“uygulanan ölçme aracından elde edilen verileri değerlendirebilme”* ve *“okulun kültür ve öğrenme merkezi haline getirilmesinde toplumla iş birliği yapabilme”* gibi yeterliklerin öne çıktığı görülmüştür. Bu bulgu, öğretmenlerin yalnızca alan bilgisine değil; aynı zamanda güvenlik, değerlendirme ve toplumsal iş birliği gibi çok boyutlu yeterlik alanlarına yönelik duyarlılık taşıdığını göstermektedir. Araştırmanın önerileri doğrultusunda, bu yeterliklerin öğretmenlik öncesi eğitim programlarında daha kapsamlı şekilde ele alınması ve hizmet içi eğitimlerle desteklenmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu çalışma, öğretmen yeterliklerinin yalnızca teorik bir çerçeve değil, uygulamada belirli alanlara odaklanan ve öğretmenlerin algılarıyla şekillenen dinamik bir yapı olduğunu göstermesi bakımından önemlidir. Bu durum, 2061 yılı fen bilimleri öğretmenliği yeterliklerini yordamaya yönelik olarak yürütülen bu tez çalışmasında, geçmişte öğretmenler tarafından önemsenmeyen yeterlik alanlarının gelecekteki geçerliliği ve dönüşüm potansiyelinin değerlendirilmesi açısından önemli bir referans noktası oluşturmaktadır.

2.2.5.2 Uluslararası Alanyazın Araştırmaları

Naumescu (2008), fen öğretmenlerinin yalnızca kendi branşlarına özgü bilgiyle sınırlı kalmamaları, aynı zamanda fen olgularını disiplinler arası (inter-disipliner) ve çok disiplinli (multidisipliner) bir bağlamda ele alabilmeleri gerektiğini vurgulamaktadır. Öğretmenlerin, bir fen disiplinine ait içeriği, diğer disiplinlerdeki ilgili içeriklerle

ilişkilendirebilme becerisine sahip olmaları, özellikle matematik ve teknoloji gibi alanlarla bağlantı kurabilmeleri önemlidir. Çünkü fen olguları doğaları gereği çeşitli disiplinleri içerir ve öğretmenler bu olgulara hem tekil disiplin bağlamında açıklama getirebilmeli hem de çok disiplinli bir çerçevede anlamlandırabilmelidir. Bu nedenle, fen öğretmeni yetiştirme programlarının öğretmen adaylarına disiplinler arası ilişkileri kurabilecek bilgi ve farkındalık kazandıracak biçimde yapılandırılması gerekmektedir. Bu yeterlik, yalnızca geleneksel, sıkı disiplinler bir eğitim programı çerçevesinde geliştirilemez. Bunun yerine, öğretmen adaylarının bilimsel disiplinler arasında birleştirici kavramları tanıma ve geliştirme becerilerini destekleyecek özel öğrenme fırsatları ve öğretim etkinlikleri sunulmalıdır. Ayrıca, fen öğretimi programlarında, bilimin toplumsal ve teknolojik bağlamlarda öğrenilmesine yönelik etkinliklere – örneğin saha gezileri, müze, sanayi ya da kurumsal ziyaretler gibi – daha fazla önem verilmesi önerilmektedir. Bu tür bir eğitim, öğretmenlerin bilimsel kavramları ve bu kavramların nasıl geliştirildiğini derinlemesine anlamalarını mümkün kılacaktır.



Şekil 2.6 Bir öğretmenin içinde bulunduğu etkileşimler. (Naumescu, 2008)

Naumescu (2008), öğretmen yeterliklerinin sınıflandırılmasında öğretmenin farklı düzeylerdeki etkileşimlerine dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, öğretmenin içinde bulunduğu etkileşimleri üç boyutlu Kartezyen bir düzlemde şöyle tanımlamaktadır:

T-T (Teacher–Teacher): Öğretmenin kendisiyle olan etkileşimleri. (Kendi düşünceleri, öğretim stratejileri, epistemolojik yaklaşımları vb.)

T-S (Teacher–Student): Öğrencilerle ve sınıfla olan etkileşimleri.

T-C (Teacher–Context): Öğretmenin okulun genel bağlamıyla, yani kurumsal yapı, çevre ve eğitim politikalarıyla olan etkileşimleri.

Etkileşimler açıklanacak olursa :

T-T (Öğretmen-Kendisi): Kişisel yansıtma, öğretim inançları, strateji ve tekniklerin değerlendirilmesi.

T-S (Öğretmen-Öğrenci): Bireysel öğrenci ve sınıfla kurulan pedagojik etkileşim.

T-C (Öğretmen-Bağlam): Okulun genel yapısı, kültürel/sosyal çevre ve eğitim sistemi ile etkileşim.

Nouri, Saberi, McComas, ve Mohammadi (2021) tarafından yapılan bir araştırmada, fen öğretiminde bilimin doğası (Nature of Science – NOS) ile ilgili etkili bir öğretim yapabilmek için öğretmenlerin sahip olması gereken bilgi ve yeterlikler belirlenmiştir. 2009-2018 yılları arasında yayınlanan 58 bilimsel makale incelenerek yapılan bu çalışmada, öğretmenlerin bu konuyu öğrencilerine etkili şekilde aktarabilmeleri için ihtiyaç duydukları 20 yeterlik tanımlanmış ve bu yeterlikler yedi ana başlık altında toplanmıştır. Bu başlıklar şunlardır:

1. Bilimin doğası hakkında bilgi sahibi olmak: Öğretmenlerin, bilimin nasıl işlediğini, bilimsel bilginin nasıl üretildiğini ve bu bilginin güvenilirliğini anlaması beklenir.
2. Genel fen bilgisine sahip olmak: Öğretmenlerin fen bilimleri ile ilgili temel kavram ve ilkelere hâkim olmaları gerekir.
3. Öğrencilerin öğrenme süreçlerini bilmek: Öğretmenlerin, öğrencilerin bilimin doğasını nasıl öğrendiğini ve bu konudaki düşünme şekillerini anlayabilmesi önemlidir.
4. Bilimin doğasıyla ilgili öğretim stratejilerini bilmek: Öğretmenlerin, bu konuyu öğrencilere aktarırken kullanabilecekleri etkili öğretim yöntemlerini tanıması gerekir.
5. Bilimin doğasını değerlendirebilme bilgisi: Öğrencilerin bilimin doğası hakkında ne kadar bilgi sahibi olduklarını ölçebilecek değerlendirme araçlarını kullanabilmek gerekir.

6. Genel öğretim becerilerine sahip olmak: Etkili bir sınıf yönetimi, açık ve anlaşılır anlatım gibi genel öğretim becerileri bu süreçte önemlidir.
7. Bu konuda öğretmeye istekli olmak ve inanç geliştirmek: Öğretmenlerin bilimin doğası konusunu öğretmeye karşı olumlu bir tutum içinde olması ve bunun önemli olduğuna inanması gerekmektedir.

Bu yedi başlık altında toplanan yeterlikler, fen bilgisi öğretmenlerinin öğrencilerin bilimin doğasını daha iyi kavramalarına yardımcı olması açısından önem taşımaktadır (Nouri vd. 2021).

21.yüzyılın eğitim ihtiyaçları doğrultusunda fen öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterlikler yalnızca alan bilgisi ile sınırlı kalmamakta; bunun yanında pedagojik bilgi ve teknoloji kullanımına ilişkin donanımlar da önem kazanmaktadır. Guerra, Moreira, ve Marques Vieira (2012) çalışmasında, fen öğretmenlerinin TPCK (Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi) gelişimini destekleyen bir öğretim tasarımı modeli sunulmakta ve öğretmen eğitiminde araştırma, mesleki uygulama ve öğretim programlarının entegrasyonuna dikkat çekilmektedir. Çalışma, öğretmenlerin teknolojiyi sosyo-konstrüktivist bir yaklaşımla fen öğretiminde etkili kullanabilmesi için öğretim programlarında araştırma temelli teknolojik araçlara, sorgulamaya dayalı ve probleme dayalı öğrenme yaklaşımlarına yer verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, Web 2.0 araçlarının sınıf içi uygulamalarla bütünleştirilmesi, öğretmenlerin mesleki gelişimini destekleyen önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Fen öğretmeni yeterliklerinin geliştirilmesinde, öğretmen adaylarının hem teknoloji ile ders tasarlama hem de bu süreci eleştirel olarak değerlendirme becerilerini edinmeleri gerektiği ifade edilmektedir.

İsviçre'nin Thurgau Kantonu'nda yürütülen kapsamlı bir araştırmada, fen öğretmeni yetiştirme programlarında dijital yeterliklerin nasıl yapılandırılması gerektiğine dair yerel düzeyde uygulanabilir bir model geliştirilmiştir (Thoms vd. 2022). Bu çalışma, Almanya kökenli DiKoLAN-GER çerçevesini temel alarak, Thurgau Üniversitesi'nde ilkokul, ortaokul I ve ortaokul II düzeylerinde görev alacak öğretmen adaylarına yönelik üç ayrı yeterlik çerçevesi ortaya koymuştur. Söz konusu çerçeveler, yerel eğitim

politikaları, kültürel öncelikler (örneğin veri güvenliği) ve kurumsal gereksinimler göz önünde bulundurularak yeniden yapılandırılmıştır. Bu yönüyle çalışma, dijital öğretmen yeterliklerinin bağlam temelli olarak geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle yeterlik alanlarının her bir öğretmen yetiştirme programına göre önceliklendirilmesi, program bazlı özelleştirmenin ne denli önemli olduğunu göstermiştir. Ayrıca dijital yeterlikler yalnızca bilişsel düzlemde değil; pedagojik, etik ve medya okuryazarlığı bağlamlarında da ele alınmıştır. Veri güvenliği, dijital içerik üretimi ve dijital araçlarla bilimsel düşünme becerileri geliştirme gibi boyutlar bu bütüncül yaklaşımın parçalarıdır.

İsviçre örneği, fen öğretmenlerinin yalnızca teknolojiyi kullanabilen bireyler değil, aynı zamanda teknolojiyi bilimsel pedagojik bağlamda etkili ve eleştirel biçimde kullanabilen dijital okuryazar bireyler olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda çalışma, dijital çağın gerektirdiği fen öğretmeni profiline ilişkin önemli öngörüler sunmakta ve geleceğe yönelik yeterliklerin nasıl şekillendirilmesi gerektiği konusunda yol gösterici olmaktadır.

Günümüz eğitim ortamları, öğretmenlerden yalnızca bilgi aktarıcı değil, aynı zamanda küresel sorunlara duyarlı, sürdürülebilir gelişmeyi destekleyici bireyler yetiştirebilecek liderler olmalarını beklemektedir. Eliyawati, Widodo, Kaniawati ve Fujii (2023), fen öğretmenlerinin sürdürülebilir kalkınma eğitimi (Education for Sustainable Development-ESD) yönelik öğretim yeterliklerini ölçmek amacıyla yedi boyuttan (Alan bilgisi-*content knowledge*, Pedagojik alan bilgisi-*pedagogical content knowledge*, Sorgulama temelli öğretim-*inquiry*, Mesleki uygulama-*professional practice*, Mesleki gelişim-*professional development*, Değerlendirme ve ölçme-*assessment and evaluation*, Tutum-*attitude*) oluşan kapsamlı bir ölçme aracı geliştirmiştir. Bu çalışma, fen öğretmenlerinin yalnızca alan bilgisi ve pedagojik becerilerle değil, aynı zamanda sorgulama temelli öğretim, değerlendirme, mesleki gelişim ve özellikle tutum gibi boyutlarda da yeterli olmaları gerektiğini ortaya koymaktadır. Eliyawati vd. (2023) tarafından geliştirilen ölçme aracı, fen öğretmenlerinin sürdürülebilir kalkınma eğitimiyle ilişkin çok boyutlu yeterliklere sahip olması gerektiğini ortaya koymuştur. Bu durum, gelecekte öğretmen rollerinin daha da karmaşıklaşacağını ve farklı alanları

bütünleştirme becerisinin ön plana çıkacağını göstermektedir. Bu durum, gelecekteki fen öğretmenlerinin ESD ve benzeri çok boyutlu temaları entegre edebilecek nitelikte olması gerektiğini göstermektedir.

Subandi, Ahmadi, Amirudin, Mispani, Hadiati ve Saregar (2020) tarafından Endonezya’da yapılan bir araştırmada, fen öğretmenlerinin sınıf içindeki liderlik tarzlarının, öğretmen yeterlikleri ve öğrenmenin etkililiği üzerinde doğrudan etkili olduğu ortaya konmuştur. Özellikle demokratik liderlik tarzı, öğretmenin mesleki, pedagojik, kişilik ve sosyal yeterliklerini olumlu yönde etkilerken, serbest bırakıcı (laissez-faire) tarzın bu yeterlikler üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bu sonuç, öğretmenlerin yalnızca bilgi aktaran bireyler değil, sınıf içinde yönlendirici, öğrencilerle güçlü ilişkiler kuran, adaletli ve destekleyici liderler olmaları gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda, gelecekteki öğretmen profillerinin çok yönlü liderlik becerilerini de kapsamaları gerektiği anlaşılmaktadır.



Şekil 2.7 Öğretmen yeterlikleri. Subandi ve ark. (2020, s. 1536)’dan Türkçe’ye uyarlanmıştır.

Öğretmen yeterlikleri, öğrenci öğrenme çıktıları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yeterli donanıma sahip öğretmenler, hem öğrenmeyi etkili ve eğlenceli hâle getirme konusunda hem de sınıf yönetiminde daha başarılı olurlar. Bu da öğrencilerin öğrenme düzeylerinin en üst düzeye çıkmasını sağlar. Fen öğretiminde ise fen bilgisi

öğretmenleri, bilimsel kavramların öğrencilere aktarılmasında kritik bir role sahiptir. Özellikle soyut ve karmaşık yapıdaki fen konularının görselleştirilerek anlaşılır hâle getirilmesi sürecinde öğretmenin yeterliği belirleyici olmaktadır (Subandi vd. 2020).

Alake-Tuenter ve arkadaşları (2012), sorgulamaya dayalı fen öğretimi için öğretmenlerin taşınması gereken yeterlikleri araştıran bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, öğretmenlerin fen öğretimindeki yeterliliklerini üç ana kategoride incelemişlerdir: alan bilgisi (*Science Matter Knowledge-SMK*), pedagojik alan bilgisi (*Pedagogical Content Knowledge-PCK*) ve öğretmen tutumları. Bu yeterlilikler, öğretmenlerin bilimsel içeriği öğrencilerle etkili bir şekilde paylaşabilmesi için gerekli bilgi ve becerilerin yanı sıra, öğretmenin kendi öğrenme süreçleriyle ilgili tutumlarını da kapsamaktadır. Çalışma, özellikle öğretmenlerin sorgulama temelli öğretim uygulamalarını nasıl etkili bir şekilde kullanabileceklerini belirlemeye odaklanmıştır. SMK öğretmenin bilimsel içeriği ne kadar derinlemesine anladığını, PCK ise öğretmenin bu bilgiyi pedagojik bir şekilde nasıl aktarabileceğini göstermektedir. Ayrıca, öğretmenlerin öğrenmeye yönelik tutumları ve öz-yeterlilikleri de öğretim sürecini etkilemektedir. Çalışmanın bulgularına göre, Amerikan Fen Öğretimi Standartları (NSES) ile yapılan karşılaştırmalar, öğretmenlerin öz-yeterlilik ve öğrenmeye karşı tutumlarının önemli olduğunu, ancak bu unsurların Amerikan standartlarında yeterince vurgulanmadığını ortaya koymaktadır. Çalışmanın sonuçları, Avrupa bağlamında da öğretmen yeterliliklerinin uyarlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle, öğretmen eğitimi programlarında bu yeterliliklerin daha bütünsel bir şekilde ele alınması gerektiği, çünkü öğretmenlerin sorgulamaya dayalı fen öğretimini benimsemesi için bu alanlarda gelişim göstermeleri gerektiği ifade edilmiştir.

Filipinler'in Nueva Ecija bölgesinde gerçekleştirilen bir çalışmada, K-12 müfredatında fen bilimleri dersi veren öğretmenlerin genel olarak öğretim yeterliklerinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Nipales 2019). Ancak, öğretmenlerin bazı alanlarda gelişime ihtiyaç duydukları saptanmıştır. Bu alanlar; öğrenci öğrenimini artırmak amacıyla veliler, iş dünyası ve toplumla etkili iletişim kurma, ileri teknolojiyi uygulamalı etkinliklere entegre etme, öğrencilerin bilimsel projelerde etkili iletişim ve iş birliği kurmalarını sağlama, gazete ve dergi okuma alışkanlığıyla bilimsel bilgilerini güncel

tutma ve televizyon programlarını öğretim sürecinde kullanmak amacıyla izleme tutumu geliştirme olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, öğretmenlerin fen öğretimi yeterliklerinin, eğitim düzeyleri ile K-12 müfredatına yönelik katıldıkları seminer sayısına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir (Nipales 2019). Öğretmen yeterliklerinin geliştirilmesi sürecinde, mesleki gelişim faaliyetlerinin ve yerel bağlamın ihtiyaçlarına uygun stratejilerin önemi bir kez daha gözler önüne serilmektedir.

Ürdün’de yapılan bir araştırmada da ilkokul fen bilimleri öğretmenlerinin planlama, uygulama, sınıf yönetimi, öğretim materyali kullanımı ve değerlendirme gibi öğretim yeterliklerinin yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, demografik değişkenlerin (cinsiyet, deneyim, eğitim düzeyi) öğretmen yeterlikleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı bulunmuştur (Khasawneh 2023). Bu durum, fen öğretmenlerinin mesleki yeterliklerinin bireysel faktörlerden çok mesleki gelişim süreçleri ve hizmet içi uygulamalarla şekillenebileceğine işaret etmektedir.

2.2.5.3 Genel Bir Bakış

Fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterlikler hem ulusal hem de uluslararası düzeyde geniş bir şekilde araştırılmış ve eğitim politikalarının şekillenmesinde önemli bir referans noktası olmuştur. Bu araştırmalar, öğretmenlerin yalnızca alan bilgisiyle donanmış olmalarının yeterli olmadığını; bunun yanı sıra pedagojik içerik bilgisi, teknoloji entegrasyonu, öğrenci merkezli öğretim tasarımları, değerlendirme becerileri ve bilimsel süreçleri modelleme yetkinliklerinin de kritik olduğunu vurgulamaktadır.

Uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar, özellikle TIMSS ve PISA gibi büyük ölçekli değerlendirme projeleri aracılığıyla öğretmen yeterliklerinin öğrenci başarısıyla olan ilişkisini ortaya koymuştur. Bu araştırmalarda, fen öğretmenlerinin sınıf içi uygulamaları, laboratuvar kullanımı, sorgulamaya dayalı öğretim becerileri ve öğrenciyle etkileşim biçimleri detaylı olarak incelenmiş; bu yeterliklerin öğrenme çıktıları üzerinde anlamlı etkiler yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Avrupa ve Amerika’da yürütülen bazı araştırmalarda, öğretmenlerin mesleki gelişim faaliyetlerine

katılım düzeyleri ile yeterlik algıları arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir.

Ulusal alanda yapılan çalışmalarda ise, öğretmenlerin yeterlik düzeyleri genellikle demografik değişkenler (cinsiyet, kıdem, mezuniyet düzeyi vb.) ve mesleki deneyim bağlamında ele alınmıştır. Türkiye’de yürütülen çeşitli tez ve makale temelli araştırmalarda, fen öğretmenlerinin ölçme-değerlendirme, laboratuvar uygulamaları ve teknoloji kullanımı konularında zaman zaman kendilerini yetersiz hissettikleri, buna karşın öğretime hazırlık ve öğrenci rehberliği gibi alanlarda daha güçlü algılara sahip oldukları belirtilmektedir. Ayrıca yönetim desteği, okul iklimi ve öğretmen motivasyonu gibi yapısal faktörlerin de yeterlik gelişimini etkileyen belirleyiciler arasında yer aldığı vurgulanmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ulusal ve uluslararası araştırmaların kesişim noktasını; fen bilimleri öğretmenlerinin yalnızca bilgi aktarıcısı değil, aynı zamanda öğrenme sürecinin rehberi, araştırma-temelli uygulamaların yürütücüsü ve eğitimde yenilikçiliğin taşıyıcısı olması gerektiği fikri oluşturmaktadır. Bu durum, öğretmen yeterliklerinin bireysel becerilerin ötesinde, sistem düzeyinde desteklenmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır.

3. MATERYAL ve METOT

Bu araştırmada, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklerin, alan uzmanlarının ve eğitim bilimleri alanında çalışan akademisyenlerin görüşlerine dayalı olarak düzenlenmiş Delphi tekniğı aracılığıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada bilimsel öngörü yaklaşımı benimsenerek, öğretmen yeterliklerinin gelecekte nasıl bir dönüşüm geçireceğı çok paydaşlı ve çok disiplinli bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Bu kapsamda, öğretmen eğitimi, fen eğitimi, eğitim teknolojileri, eğitim programları ve öğretim gibi farklı uzmanlık alanlarından akademisyenlerin görüşlerine başvurulmuştur. Bu bölümde araştırmanın deseni, katılımcıları, veri toplama araçları, veri toplama süreci, uzlaşma ölçütü, verilerin analizi, geçerlik ve güvenirlik ile araştırmacının rolüne ilişkin detaylı açıklamalara yer verilmiştir.

3.1 Araştırma Deseni

Bu araştırmada bilim öğretmeni yeterliklerinin belirlenmesi amacıyla karma yöntem araştırma deseni benimsenmiştir. Karma yöntem araştırması, nicel ve nitel verilerin birleştirilmesi yoluyla her iki yaklaşımı birlikte kullanmayı sağlar; dahası, nicel ve nitel yaklaşımların entegrasyonu, her veri türünün güçlü yönlerini en üst düzeye çıkarır ve zayıf yönlerini en aza indirir (National Institutes of Health [NIH] 2018). Örneğın Kızılgöl ve Kasapoğlu (2024) çalışmalarında, nitel verilerden hareketle nicel bir aşamaya geçen keşfedici ardışık deseni kullanarak nitel ve nicel bulguları bütünleştirmişlerdir. Araştırma deseni, araştırma sorularına uygun yöntemlerin seçimini belirlediğı için bu çalışmada karma yöntem tercih edilmiştir.

3.1.1 Karma Yöntem Araştırması

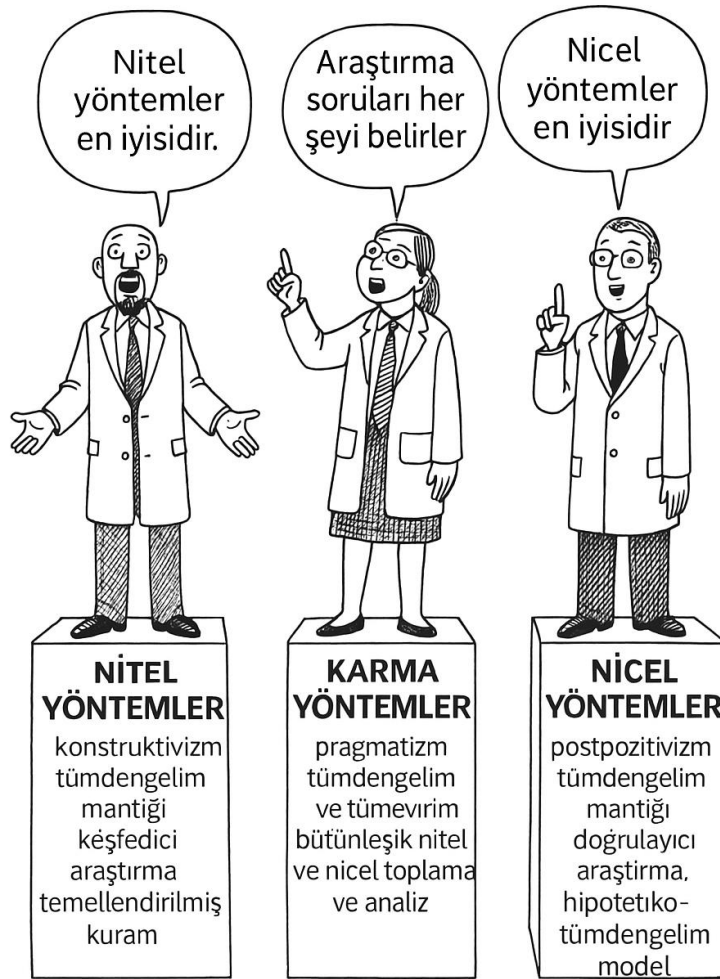
Profesyonel yaşamın birçok alanında nicel ve nitel verilerin birlikte kullanıldığı görölmektedir. Örneğın, bir hekim tanı koyarken yalnızca laboratuvar test sonuçlarını değil, hastanın yaşam öyküsünü ve semptomlarını da dikkate alır. Benzer şekilde, bir mali danışman piyasadaki eğilimleri analiz ederken bireylerin karar alma öykülerini göz

önünde bulundurur. Siyasetçiler seçim bölgelerindeki istatistiksel verileri, seçmenlerin kişisel hikâyeleriyle birlikte değerlendirerek kararlar alır. Hatta televizyon spikerleri kasırgaları veya seçim sonuçlarını aktarırken sayısal verilerin yanında kişisel öykülere de yer verirler. Spor karşılaşmalarında da bir anlatıcı oyunu istatistiksel bir bakışla aktarırken, diğer anlatıcı oyuncuların kişisel öykülerini ve öne çıkan anekdotları paylaşır. Tüm bu örnekler, günlük yaşamda "karma yöntem düşüncesinin" ne kadar yaygın olduğunu göstermektedir. Karma yöntem araştırmaları, araştırma problemlerine çok yönlü bakış imkânı sunarak, yalnızca akademik değil aynı zamanda uygulamalı alanlarda da karşılaşılan sorunları kapsamlı bir biçimde ele alma olanağı sağlar (Creswell ve Plano Clark 2017).

Karma yöntem yaklaşımı, araştırma sorularına hem nitel hem de nicel veriler aracılığıyla kapsamlı ve bütüncül yanıtlar sunmayı amaçlayan bir araştırma desendir. Creswell ve Plano Clark'a (2017) göre karma yöntemde araştırmacı; nicel ve nitel verileri titizlikle toplar ve analiz eder, bu iki veri türünü ve sonuçlarını bütünleştirir (ya da karıştırır), bu süreçleri belirli araştırma desenleri çerçevesinde düzenler ve tüm süreci bir kuram veya felsefi çerçeve içinde anlamlandırır. Bu temel özellikler, karma yöntem araştırmalarının karakteristik yapısını ortaya koyar ve son yıllarda araştırmacıların bu yönetime olan ilgisini açıklamaya yardımcı olur. Karma yöntem, sadece farklı veri türlerinin bir araya getirilmesi değil, aynı zamanda bu veri türlerinin birlikte analiz edilerek anlamlı bütünler oluşturulmasını da içermektedir. Bu yönüyle araştırmalarda hem derinlik hem de kapsam sağlar (Creswell ve Plano Clark 2017).

Karma yöntem araştırmaları, özellikle sosyal ve davranış bilimlerinde giderek daha fazla benimsenen bir yaklaşım hâline gelmiştir. Tashakkori, Johnson ve Teddlie (2020), karma yöntemin 20. yüzyılın son 20 yılında ayrı bir araştırma geleneği olarak ortaya çıktığını ve nitel (QUAL) ile nicel (QUAN) yöntemlerin karşıtlığına bir alternatif sunduğunu belirtmektedir. Bu yaklaşım, araştırma sorularını yanıtlamak için gerekli olan her türlü yöntemin kullanılabileceğini savunur. Bu nedenle karma yöntem, yalnızca bir veri toplama stratejisi değil, aynı zamanda çeşitli dünyaları görme ve anlama biçimidir.

Tashakkori ve arkadaşları (2020), karma yöntemin yalnızca kuramsal düzeyde değil, pratik uygulamalarla da desteklenmesi gerektiğini vurgular ve bu bağlamda "Professor Eclectica" örneğini sunar. Bu araştırmacı, ortaokul çocuklarında diyabetin önlenmesine yönelik hem hipotez test eden nicel çalışmalar yürütmekte hem de farklı müdahalelerin neden etkili olup olmadığını anlamaya çalışan nitel analizler gerçekleştirmektedir. Sahada öğrencilerle görüşmeler yapmakta, gözlemler gerçekleştirmekte ve elde ettiği nicel verilerle nitel bulguları bütünleştirerek daha derinlemesine analizler ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, karma yöntemin hem doğrulayıcı (confirmatory) hem de keşfedici (exploratory) yönlerini yansıtan dinamik bir uygulamasıdır (Tashakkori vd. 2020).



Şekil 3.1 Üç temel araştırma topluluğunun (nitel, nicel ve karma yöntem) bakış açılarını temsil eden çizim. Görsel, Jason Love tarafından çizilen orijinal görselden uyarlanarak Türkçeye çevrilmiştir (Love, 2020, Tashakkori, Johnson & Teddlie, 2020, s. 28).

Nitel, nicel ve karma araştırma yöntemleri bilimsel araştırma süreçlerinde farklı paradigmlarla şekillenmektedir. Nitel araştırma, yapılandırmacı bir yaklaşım sergilerken tümevarımsal mantıkla ilerler ve keşifsel araştırmaları temel alır. Nicel araştırma ise post pozitivist bir temele dayalı olarak tümdengelimsel mantığı benimser ve doğrulayıcı araştırmalara odaklanır. Öte yandan karma yöntem yaklaşımı, pragmatizmi temel alır; hem tümdengelimsel hem de tümevarımsal düşünceyi içerir ve araştırma sorusuna en uygun yöntemi belirlemeye odaklanır. Jason Love tarafından oluşturulan karikatürde bu üç yaklaşım görsel olarak karşılaştırılmış, her bir yöntemin temsilcisi kendi paradigmasına dayalı bir söylemle ifade edilmiştir (Şekil 3.1). Bu görsel, özellikle yöntem seçiminde paradigma farklılıklarının nasıl algılandığını mizahi bir dille ortaya koymaktadır.

Bu yönüyle karma yöntem araştırmaları, yalnızca “ne” sorusuna değil, aynı zamanda “nasıl” ve “neden” sorularına da yanıt arayarak, araştırma problemlerine çok boyutlu bir bakış kazandırır. Dolayısıyla bu çalışmada da hem nitel hem de nicel veriler toplanacak ve analiz edilecek; bu iki veri türü birbirini tamamlayacak biçimde bütünleştirilerek araştırma sorularına daha kapsamlı yanıtlar üretilecektir.

3.1.1.1 Keşfedici Ardışık Desen

Keşfedici ardışık karma yöntem deseni, belirli bir kültürel örneklem ya da az temsil edilen toplulukların ihtiyaçlarına duyarlı ölçme araçları geliştirmek amacıyla kullanılır. Bu desen, özellikle Batı toplumunun dışında kalan gruplar üzerinde araştırma yapılırken hazır anket ve ölçeklerin doğrudan kullanılmasının uygun olmayabileceği durumlarda tercih edilmektedir. Araştırma, katılımcıların yaşam dünyalarına ilişkin nitel verilerle başlar; daha sonra bu bilgiler doğrultusunda nicel araçlar (ölçekler, anketler, etkinlikler vb.) geliştirilir veya uyarlanır ve son aşamada bu yeni ya da uyarlanmış araçların geçerliği ve güvenilirliği test edilir (Creswell 2022).

Creswell (2022), keşfedici ardışık desenin üç temel aşamadan oluştuğunu belirtmektedir:

1. Nitel veri toplama ve analiz: Katılımcıların deneyimlerinden kodlar, temalar ve alıntılar yoluyla anlamlı bulgular çıkarılır.

2. Nicel araçların tasarımı ya da uyarlanması: Elde edilen temalar ölççek alt boyutlarına, kodlar değişkenlere, doğrudan alıntılar ise anket maddelerine dönüştürülerek yeni araç geliştirilir.
3. Yeni aracın test edilmesi: Uyarlanan ya da geliştirilen aracın geniş örnekleimde geçerlik ve güvenirliği test edilir; gerekirse deneysel çalışmalarda da kullanılarak etkililiği değerlendirilir.

Bu desenin güçlü yönü, geliştirilen nicel aracın kültürel bağlama daha duyarlı olması ve doğrudan katılımcı deneyimlerinden beslenmesidir. Bununla birlikte, veri toplama sürecinin uzunluğu, farklı beceriler gerektirmesi ve her bir aşamanın titizlikle yürütülmesi bu deseni zorlaştırmaktadır (Creswell 2022).



Şekil 3.2 Keşfedici Ardışık Karma Yöntem Deseni. Görsel, Creswell'in Karma Yöntem Araştırmalarına Kısa Bir Giriş (2. Baskı, 2022) adlı eserindeki Şekil 5.3 temel alınarak Türkçeye uyarlanmıştır.

Bu model, araştırmanın nitel veri toplama ve analiz aşamasıyla başlayıp, bu veriler ışığında nicel araçların (ölçme araçları, deneysel uygulamalar, uygulamalar vb.) tasarlanması ve son olarak bu araçların test edilmesiyle tamamlanan üç aşamalı bir süreci göstermektedir.

Keşfedici ardışık desen, araştırmanın başlangıcında nitel verilerin toplanıp analiz edilmesini ve elde edilen bulgular doğrultusunda nicel aşamanın planlanmasını içerir. Bu süreçte, ardışıklık unsuru, her iki aşamanın birbirini takip etmesi ve bir önceki aşamanın bulgularının bir sonraki aşamanın tasarımını etkilemesi anlamında önemlidir. Örneğin, nitel aşamada elde edilen temalar ve kavramlar, nicel aşamada kullanılacak anket sorularının oluşturulmasına veya hipotezlerin geliştirilmesine temel teşkil eder.

Ivankova, Creswell ve Stick (2006), ardışık açıklayıcı desende verilerin entegrasyonunun iki şekilde gerçekleştiğini belirtir: (1) nicel bulgulara dayalı olarak nitel veri toplama protokollerinin geliştirilmesi ve (2) her iki aşamanın sonuçlarının birlikte yorumlanması. Benzer şekilde, keşfedici ardışık desende de nitel bulgular, nicel aşamanın tasarımını ve uygulamasını yönlendirir.

Bu ardışık yapı, araştırmacının nitel bulgulara dayanarak daha hedefli ve geçerli nicel ölçümler geliştirmesine olanak tanır. Örneğin, nitel aşamada belirlenen temalar, nicel aşamada kullanılacak anket sorularının oluşturulmasına veya hipotezlerin geliştirilmesine temel teşkil eder. Bu şekilde, araştırmanın her aşaması bir öncekine dayalı olarak yapılandırılır ve bütüncül bir anlayış elde edilir.

Sonuç olarak, keşfedici ardışık desende ardışıklık, araştırmanın sistematik ve mantıklı bir şekilde ilerlemesini sağlar. Her aşamanın bir öncekine dayalı olarak yapılandırılması, elde edilen bulguların geçerliliğini ve güvenilirliğini artırır. Bu desen, özellikle yeni veya az araştırılmış konularda derinlemesine ve kapsamlı bir anlayış geliştirmek isteyen araştırmacılar için uygundur.

3.1.2 Delphi Tekniği

Delphi tekniği, bireylerin bir grup olarak karmaşık bir problemi ele almasını sağlayacak şekilde yapılandırılmış bir grup iletişim sürecidir. Bu yapılandırılmış iletişim sürecinin başarısı, bireysel bilgi ve katkıların geri bildirimi, grup yargısının değerlendirilmesi, bireylerin görüşlerini gözden geçirme fırsatı bulması ve katılımcıların görüşlerinin bir dereceye kadar anonim kalmasına dayanır. Delphi tekniği, yalnızca bir tahmin aracı olarak görülse de tarihî olayların önemini irdelemekten, bütçe tahsislerini değerlendirmeye, şehir planlaması seçeneklerini keşfetmekten, kişisel değer ve toplumsal hedeflerin önceliklerini ortaya koymaya kadar oldukça çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Linstone ve Turoff 2002).

Al-Qutaish (2025), dünya genelinden 66 araştırma makalesini titizlikle incelediği kapsamlı literatür taramasında, Delphi yönteminin birçok disiplinde değerli ve etkili bir

yöntem olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle farklı coğrafi bölgelerde bulunan uzmanların görüşlerinin alınmasına olanak tanıyan bu yöntem, geniş katılımlı uzman fikirlerine dayalı bir uzlaşma süreci sunmaktadır. İncelenen türler arasında, internet temelli ve "web tabanlı Delphi" olarak da bilinen gerçek zamanlı Delphi yöntemi; zaman ve maliyet tasarrufu sağlaması nedeniyle uzman görüşlerinin toplanması ve analizinde en uygun seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca yazar, Delphi yönteminin gelecekte teknolojik gelişmeler, yöntemsel iyileştirmeler ve karmaşık sorunlara yönelik artan ihtiyaçlar doğrultusunda daha da gelişeceği ve farklı alanlarda yaygın bir şekilde uygulanacağı öngörüsünde bulunmuştur (Al-Qutaish 2025).

Delphi tekniği dışarıdan bakıldığında kolayca uygulanabilecek bir yöntem gibi görünse de uygulamada çeşitli sorunlarla karşılaşılabilir. Başarısızlık nedenleri arasında ise izleme ekibinin kendi önyargılarını yapıya fazla dâhil etmesi, Delphi tekniğinin diğer iletişim süreçlerinin yerine geçebilecek evrensel bir yöntem gibi düşünülmesi, grup cevaplarının özetlenmesinde ve değerlendirme ölçeklerinin sunulmasında yetersiz yöntemlerin kullanılması, görüş ayrılıklarının dikkate alınmaması ve katılımcıların katkılarının yeterince değerli görülmemesi gibi durumlar yer almaktadır (Linstone ve Turoff 2002).

Okoli ve Pawlowski (2004), Delphi yöntemini araştırma sürecinin farklı aşamalarında kullanılabilen esnek ve çok yönlü bir araştırma aracı olarak tanımlamaktadır. Onlara göre bu yöntem, özellikle araştırmanın başlangıç evrelerinde —konunun seçilmesi, araştırma sorularının tanımlanması ve öncelikli konuların belirlenmesi gibi— öngörü geliştirme ve meselelerin önceliklendirilmesinde oldukça değerlidir. Araştırmacılar, Delphi'nin yalnızca veri toplama amacıyla değil, aynı zamanda araştırma sürecine yön verme potansiyeliyle de kullanılabileceğini vurgulamaktadır. Yazarlar, Delphi yönteminin yeni araştırma alanlarında ve keşif niteliğindeki çalışmalarda son derece etkili bir araç olduğunu ifade etmekte ve araştırmacıların bu yöntemi kendi araştırma yöntem repertuarlarına dahil etmelerini önermektedir. Ayrıca, Delphi yönteminin araştırma sürecindeki çeşitli uygulama alanlarını örneklemek amacıyla çalışmada Çizelge 3.1'de yer verilmiştir. Bu tablo, Delphi yönteminin araştırma sürecinin hangi aşamalarında ve ne tür amaçlarla kullanılabileceğini özetlemektedir.

Çizelge 3.1 Araştırma Sürecinde Delphi Yönteminin Uygulamaları

Araştırma Aşamaları

Araştırma konusunun belirlenmesi

Araştırma sorusu/sorularının belirlenmesi

Araştırma için teorik bir bakış açısının belirlenmesi

İlgi çekici değişkenlerin seçimi / önermelerin oluşturulması

Nedensel ilişkilerin öncül belirlenmesi

Yapıların tanımlanması ve söylem için ortak bir dil oluşturulması

Kaynak: Okoli & Pawlowski (2004) adlı çalışmadan uyarlanmıştır.

Sonuç olarak, Delphi tekniği ne yalnızca bir anket yöntemi ne de yalnızca bir tahmin aracı olarak değerlendirilmelidir. Aksine, katılımcıların katkılarının sistemli bir şekilde toplandığı, değerlendirdiği ve geliştirildiği bir iletişim süreci olarak tasarlanmalıdır. Bu sürecin başarıyla yürütülebilmesi, yapının doğru kurulmasına ve katılımcıların sürece aktif, anlamlı ve özgürce katkı sunmasına bağlıdır.

3.1.2.1 Düzenlenmiş Delphi (Modified Delphi)

Delphi tekniği, uzman görüşlerine dayalı olarak sistematik biçimde fikir birliğine ulaşmayı amaçlayan bir yöntem olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Zaman içinde klasik Delphi tekniği çeşitli ihtiyaçlara göre uyarlanmış ve "modifiye Delphi" (Modified Delphi) olarak adlandırılan farklı uygulama biçimleri ortaya çıkmıştır. Ancak, "modified Delphi" olarak adlandırılan bu uyarlanmış sürüm için ortak kabul görmüş standart bir kriter bulunmamaktadır. Bu yöntemde genellikle bir yönlendirme kurulu (steering group), grup içi iletişim sürecini kolaylaştırıcı bir rol üstlenmektedir (Nasa vd 2021).

Bu bağlamda, RAND Corporation tarafından geliştirilen ve UCLA ile ortaklaşa yürütülen "RAND/UCLA Appropriateness Method" (RAM) da modifiye Delphi tekniğinin sistematik bir örneğidir. (RAM), sağlık alanında klinik uygulamaların uygunluk düzeyini belirlemek amacıyla geliştirilmiş, bilimsel kanıt ve uzman görüşünü sistematik biçimde birleştiren bir karar verme yöntemidir. RAND/UCLA Uygunluk Yöntemi incelendiğinde, bu yöntemin klasik Delphi tekniğinin belirli yönlerden

yapılandırılmış ve yüz yüze etkileşimle zenginleştirilmiş bir formu olan modifiye Delphi yaklaşımıyla çalıştığı açıkça görülmektedir. Fitch ve arkadaşlarının (2001) aktardığına göre süreç, öncelikle bilimsel kanıtlara dayalı detaylı bir literatür taramasıyla başlamakta, ardından uzmanlara gönderilmek üzere yapılandırılmış klinik senaryolar (yapılandırılmış madde listesi) oluşturulmaktadır. Katılımcılar ilk turda bu senaryoları bireysel olarak puanlarken, ikinci turda moderatör eşliğinde yüz yüze bir araya gelerek görüşlerini tartışmakta ve yeniden puanlama yapmaktadırlar. Bu iki turlu yapı, klasik Delphi'nin anonim ve yazılı ortamda geçen çok turlu yapısından sapmakta; özellikle ikinci turda uzmanların yüz yüze etkileşimle görüş alışverişinde bulunması, yöntemin modifiye niteliğini belirginleştirmektedir. Bu yönüyle modifiye Delphi yaklaşımının ne denli esnek ve işlevsel olduğu bir kez daha ortaya konulmaktadır.

3.1.2.2 Delphi Tekniğinin Aşamaları

Delphi yönteminin iki farklı biçimi bulunmaktadır: Geleneksel Delphi ve Gerçek Zamanlı (real-time) Delphi. Geleneksel Delphi, genellikle kâğıt-kalemle yürütülen ve bir izleme (monitor) ekibinin oluşturduğu anketlerin katılımcılara gönderilmesiyle ilerleyen bir süreçtir. İzleme ekibi, her turdan sonra elde edilen verileri özetleyip yeni anketler hazırlayarak katılımcıların cevaplarını gözden geçirmelerine olanak tanır. Bu yöntem, bir oylama süreci ile bir konferans sürecinin birleşimi olarak değerlendirilebilir. Diğer taraftan, Gerçek Zamanlı Delphi ise izleme ekibinin büyük ölçüde bir bilgisayar sistemi ile yer değiştirdiği ve grup sonuçlarının derlenmesini anlık gerçekleştirebilen bir sistemdir. Bu yöntem zaman kaybını ortadan kaldırırsa da iletişim sürecinin özelliklerinin önceden çok iyi tanımlanmasını gerektirir. Oysa kâğıt-kalemle yürütülen Delphi sürecinde bu özellikler, katılımcı cevaplarına bağlı olarak daha esnek biçimde şekillendirilebilir (Linstone ve Turoff 2002).

Linstone ve Turoff (2002), Delphi yönteminin genel işleyişini hem geleneksel hem de gerçek zamanlı biçimlerde dört temel aşamada tanımlamaktadır. Bu aşamalar, sürecin sistematik doğasını ortaya koymakta ve yöntemin yapılandırılmış bir şekilde nasıl ilerlediğini açıklamaktadır. Yazarlar bu süreci şu şekilde özetlemektedir:

1. İlk Aşama: Tartışılan konunun kapsamı bu aşamada ortaya konur. Katılımcılar, ele alınan konuya ilişkin önemli olduklarını düşündükleri bilgileri serbest biçimde sunarlar.
2. İkinci Aşama: Bu evrede, grup üyelerinin konuya ilişkin ortak veya farklı bakış açıları belirlenir. “Önem”, “uygulanabilirlik” ve “tercih edilebilirlik” gibi göreceli kavramların grup içinde nasıl yorumlandığı analiz edilir.
3. Üçüncü Aşama: Eğer belirgin görüş ayrılıkları varsa, bu farklılıkların temel nedenleri ortaya çıkarılır ve gerektiğinde bu farklılıklar değerlendirmeye alınır.
4. Son Aşama: Önceki aşamalarda toplanan tüm bilgiler analiz edilir ve sonuçlar katılımcılara geri bildirim olarak sunulur. Bu aşama, sürecin bütüncül bir değerlendirmeyle sonlandığı bölümdür.

Hasson ve arkadaşları (2000), Delphi tekniğinin sağlık ve sosyal araştırmalarda giderek daha fazla tercih edilen bir yöntem haline geldiğini, ancak klasik Delphi yönteminden sapmaların da aynı oranda arttığını ve bunun bazı metodolojik zorluklara yol açabileceğini belirtmektedir. Yazarlar, Delphi yönteminin doğru ve titiz bir şekilde uygulandığında hemşirelik mesleği başta olmak üzere birçok alanda bilgi birikimine önemli katkılar sunabileceğini vurgularken, bu yöntemi kullanmadan önce dikkatli düşünülmesi gerektiğini ifade etmektedir. Çünkü yöntemle ilgili evrensel olarak kabul edilmiş standart kılavuzların bulunmaması, araştırmacılar için belirsizlik yaratabilmektedir. Bu eksikliği gidermek amacıyla çalışmanın sonunda, Delphi tekniğini uygulamak isteyen araştırmacılara yol gösterici nitelikte bir kontrol listesi (checklist) sunulmuştur. Bu listede; araştırma probleminin netleştirilmesi, uzman tanımının yapılması, kullanılacak iletişim türü, veri toplama sürecinde etik, güvenilirlik ve geçerlik gibi hususlara dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmakta ve araştırmacıların süreci planlarken göz önünde bulundurması gereken temel ilkeler detaylı biçimde sıralanmaktadır (Hasson vd. 2000).

3.2 Araştırmanın Katılımcıları

Bu araştırmanın katılımcı grubunu, 2061 yılında bir fen bilimleri öğretmenin sahip olması gereken yeterliklerin belirlenmesine yönelik yürütülen düzenlenmiş Delphi sürecine dâhil edilen 24 uzman oluşturmaktadır. Katılımcılar, Türkiye’nin farklı

illerinde görev yapan akademisyenler, uzman öğretmenler ve eğitim girişimcilerinden oluşmaktadır. Bu çeşitlilik, elde edilen bulguların disiplinler arası bakış açısıyla şekillenmesine ve daha geniş bir perspektif sunmasına olanak sağlamıştır.

Araştırmada katılımcıların seçiminde, amaçlı örnekleme yöntemlerinden maksimum çeşitlilik örnekleme tercih edilmiştir. Bu örnekleme yöntemi, farklı yaş, uzmanlık alanı, mesleki unvan ve görev yapılan kuruma göre çeşitlilik gösteren bireylerin görüşlerinden yararlanarak zengin bir veri seti elde etmeyi amaçlamaktadır. Katılımcılar, bilgi açısından zengin, konuya derinlikli katkı sunabilecek kişiler arasından seçilmiştir.

Katılımcıların görev yaptıkları iller Afyonkarahisar, İzmir, Aydın, Gaziantep, Düzce, Denizli ve İstanbul'dur. Bu iller farklı coğrafi bölgeleri temsil etmekte olup bölgesel dağılım açısından araştırmaya çeşitlilik kazandırmıştır.

Katılımcıların akademik ve mesleki unvanlarına göre dağılımı aşağıdaki gibidir:

- 9 Profesör Doktor
- 4 Doçent Doktor
- 3 Doktor Öğretim Üyesi
- 6 Uzman Öğretmen
- 1 Başöğretmen
- 1 Özel Öğretim Kurumları Girişimcisi

Bu dağılım, akademik uzmanlık ile sahada uygulama deneyimini bir araya getirmekte, Delphi tekniği kapsamında yürütülen fikir alışverişinin hem teorik hem de pratik temellere dayanmasını sağlamaktadır.

Katılımcıların uzmanlık alanları oldukça geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Bu alanlar arasında fen eğitimi, fizik, biyoloji, sınıf eğitimi, sosyal bilgiler eğitimi, bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi (BÖTE), eğitim programları ve öğretim, ölçme ve değerlendirme, matematik eğitimi ve STEAM/STEM eğitimi gibi alanlar yer almaktadır. Ayrıca bir katılımcı maden mühendisliği ve fütürizm alanında uzmandır. Bu

alan çeşitliliği, gelecekteki fen bilimleri öğretmenlerinin yeterliklerine dair öngörülerin çok yönlü olarak ele alınmasına katkı sunmuştur.

Katılımcıların yaşları 35 ile 72 arasında değişmektedir. Bu durum hem genç akademisyenlerin güncel yaklaşımlarını hem de deneyimli uzmanların birikimlerini içeren dengeli bir yaş dağılımı ile araştırmaya derinlik kazandırmıştır. Araştırmada görev yapan uzman öğretmenler, Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı çeşitli kurumlarda görev yapmakta olup, sahadaki uygulamaları doğrudan gözlemlene ve değerlendirme deneyimine sahiptir. Akademisyenlerin ise birçoğu fen eğitimi, öğretmen eğitimi ve eğitimde gelecek öngörülerini gibi alanlarda akademik çalışmalar yürütmektedir. Bu bağlamda katılımcılar, geleceğin öğretmen profiline ilişkin öngörü geliştirebilecek bilgi ve donanıma sahiptir.

Bu çalışma kapsamında yürütülen düzenlenmiş Delphi süreci, böylesine disiplinler arası ve deneyim açısından zengin bir katılımcı grubunun görüşleri temel alınarak şekillendirilmiş, böylece 2061 yılına yönelik öğretmen yeterliklerinin belirlenmesinde güçlü bir zemin oluşturulmuştur.

3.2.1 Katılımcı Sayısının Belirlenmesi

Delphi tekniği ile gerçekleştirilen araştırmalarda, örneklem grubunun belirlenmesinde temel ölçüt, katılımcıların çalışılan konu hakkında bilgi ve deneyim sahibi olmalarıdır. Bu bağlamda, sürece dahil edilen bireylerin alanlarında uzman olmaları ve araştırma problemini anlayabilecek yeterlilikte olmaları beklenir. Katılımcı sayısı ve grubun temsiliyeti, elde edilecek öngörülerin çeşitliliğini ve analize tabi tutulacak veri miktarını doğrudan etkilemektedir. Özellikle nitel birinci tur uygulamalarında, katılımcı sayısının yüksek olması durumunda, ortaya çıkan veri yoğunluğu araştırmacı açısından analiz ve veri yönetimi sürecini karmaşık hale getirebilir. Bu nedenle araştırmacı, veri zenginliği ile analiz kolaylığı arasında dengeli bir seçim yapmak durumundadır. Katılımcı seçiminde sıklıkla olasılıksız örnekleme yöntemleri tercih edilmekte; özellikle amaçlı ve ölçüt örnekleme teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle katılımcılar rastgele değil, belirli ölçütlere göre seçilmekte olup, böylece araştırma konusu ile doğrudan ilişkili bilgi birikimine sahip kişilerin sürece katkı sağlaması

hedeflenmektedir. Ancak bu durum, örneklemin istatistiksel temsiliyetini garanti etmemektedir (Hasson vd. 2000).

Delphi araştırmalarında örneklem büyüklüğüne dair net bir kural olmamakla birlikte, yapılan çalışmalarda bu sayının oldukça değişken olduğu görülmektedir. Hasson ve arkadaşlarının (2000) aktardığı örneklerde, bazı araştırmalarda yalnızca 15 katılımcı ile çalışılırken, bazı çalışmalarda ise katılımcı sayısı 60'ı aşabilmektedir. Bu da araştırmanın amacı, kapsamı ve analiz yöntemi gibi faktörlere bağlı olarak örneklem büyüklüğünün esnek bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, Delphi sürecinin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için hem yeterli bilgi birikimine sahip hem de sürecin tüm turlarına katılım sağlayabilecek nitelikli katılımcıların seçilmesi büyük önem taşımaktadır.

Delphi yönteminde katılımcı sayısının belirlenmesinde istatistiksel güçten ziyade, uzmanlar arası etkileşim ve fikir birliği süreci esas alınmaktadır. Bu yöntemin amacı, nicelikten çok nitelik açısından anlamlı ve derinlemesine veri elde etmektir. Bu nedenle literatürde, Delphi paneli için 10 ila 18 uzmanın yeterli olduğu vurgulanmaktadır (Okoli ve Pawlowski 2004, Paliwoda 1983). Bu sayı, grup içi dinamiklerin sağlıklı bir biçimde işlenmesini ve geri bildirim yoluyla fikirlerin olgunlaştırılmasını mümkün kılar.

3.2.2 Katılımcı Özellikleri

Bu araştırmada da 2061 yılına yönelik fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklerin belirlenmesi hedeflendiğinden, katılımcılar fen eğitimi, öğretmen eğitimi ve eğitimde gelecek öngörülerini konularında uzman akademisyenler ile Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı kurumlarda görev yapan uzman fen bilimleri öğretmenleri arasından seçilmiştir. Seçim sürecinde, bireylerin konuyla ilgili bilgi ve deneyim düzeyleri dikkate alınmış ve uzmanlık alanları ile öğrenim bilgilerine YÖK Akademik veri tabanı ve MEB kayıtları üzerinden ulaşılmıştır.

Katılımcı seçiminde olasılıksız örnekleme yöntemlerinden olan amaçlı ve maksimum çeşitlilik örnekleme teknikleri kullanılmıştır. Bu tekniklerde katılımcılar rastgele değil,

belirli bilgi, deneyim ve yeterlik ölçütlerine göre seçilmektedir. Böylece, araştırma konusuna doğrudan katkı sağlayabilecek uzman bireylerin sürece dahil edilmesi sağlanmıştır. Temsiliyeti istatistiksel anlamda garanti etmese de bu yöntem araştırmanın nitel doğasına ve Delphi sürecinin gerektirdiği uzmanlık düzeyine uygun bir seçim yaklaşımı sunmaktadır. Araştırmada katılımcı seçiminde bu ölçütlerin sağlanmasına özel bir dikkat gösterilmiştir. Özellikle her bir uzmanın temsil edeceği disipline ilişkin gerekli akademik yeterliliğe ve mesleki deneyime sahip olması gözetilmiştir. Bu doğrultuda, 01.10.2024–01.02.2025 tarihleri arasında YÖK AKADEMİK veri tabanı üzerinden ve MEB nezdindeki araştırmalar sonucunda araştırmanın ölçütlerini karşılayan 37 uzmana e-posta yoluyla davet mektupları gönderilmiş; süreç sonunda 24 katılımcı araştırmaya dâhil edilmiştir. Katılımcılara ait detaylı bilgiler Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2 Katılımcıların Cinsiyete Göre Dağılımı

Cinsiyet	Frekans (n)	Yüzde (%)
Kadın	11	45,8
Erkek	13	54,2
Toplam	24	100

Çizelge 3.2 incelendiğinde, araştırmaya katılan 24 uzmandan 13’ünün erkek (%54,2), 11’inin ise kadın (%45,8) olduğu görülmektedir. Katılımcıların cinsiyet dağılımı dengeli olmakla birlikte erkek katılımcıların sayıca az bir farkla kadın katılımcılardan fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, araştırmaya katılımda cinsiyet temelli belirgin bir dengesizlik olmadığını göstermektedir.

Çizelge 3.3 Katılımcıların Unvana Göre Dağılımı

Unvan	Frekans (n)	Yüzde (%)
Prof. Dr.	9	37,5
Doç. Dr.	4	16,7
Dr. Öğr. Üyesi	3	12,5
Uzman Öğretmen	6	25,0
Baş Öğretmen	1	4,2
Özel Öğretim Kurumları İşletmecisi	1	4,2
Toplam	24	100

Katılımcıların unvanlarına ilişkin verilerin yer aldığı Çizelge 3.3'e göre, araştırmaya en fazla katılımın profesör unvanına sahip uzmanlardan oluştuğu (%37,5) görülmektedir. Bu grubu sırasıyla uzman öğretmenler (%25,0), doçentler (%16,7), doktor öğretim üyeleri (%12,5), başöğretmenler (%4,2) ve özel öğretim kurumu işletmecisi (%4,2) izlemektedir. Bu dağılım, araştırmanın önemli bir bölümünün akademisyenlerce desteklendiğini, bununla birlikte sahada görev yapan öğretmenlerin de çalışmaya katkı sunduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.4 Katılımcıların Görev Yerine Göre Dağılımı (Kurum Türü)

Kurum Türü	Frekans (n)	Yüzde (%)
Üniversite	15	62,5
MEB (İl MEM, okul, BİLSEM)	8	33,3
Özel Öğretim Kurumu	1	4,2
Toplam	24	100

Katılımcıların görev yaptığı kurum türlerine göre dağılımı gösteren Çizelge 3.4'e göre, katılımcıların çoğunluğu üniversitelerde görev yapmaktadır (%62,5). Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı kurumlarda (okul, il MEM, BİLSEM) görev yapan katılımcıların oranı ise %33,3'tür. Özel eğitim kurumlarında görev yapan katılımcıların oranı ise %4,2 ile sınırlı kalmıştır. Bu durum, araştırmanın büyük ölçüde akademik perspektifle ele alındığını, ancak eğitim uygulayıcılarının da sürece dahil edildiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 3.5 Katılımcıların Uzmanlık Alanına Göre Dağılımı (Bazı katılımcıların birden fazla uzmanlık alanı olabilir.)

Uzmanlık Alanı	Frekans (n)	Yüzde (%)
Fen Eğitimi	9	37,5
Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi	5	20,8
Fen Bilimleri Öğretmenliği	5	20,8
STEAM Eğitimi	2	8,3
Sınıf Eğitimi	2	8,3
Eğitim Programları ve Öğretimi	1	4,2
Matematik Öğretmenliği	1	4,2
Sosyal Bilgiler Eğitimi	1	4,2
Fizik / Biyoloji (Fen Alanları)	2	8,3
Maden Mühendisliği / Fütürizm	1	4,2

Çizelge 3.5'e göre katılımcılar çeşitli alanlarda uzmanlık göstermektedir. Katılımcıların büyük bir kısmı fen eğitimi (%37,5), fen bilimleri öğretmenliği (%20,8) ve bilgisayar ve

öğretim teknolojileri eğitimi (%20,8) alanlarında uzmanlaşmıştır. Bunun yanında STEAM eğitimi ve sınıf eğitimi gibi disiplinler arası alanlar da dikkate değerdir (%8,3). Daha az sıklıkla da olsa eğitim programları ve öğretimi, matematik öğretmenliği, sosyal bilgiler eğitimi, fizik/biyoloji gibi alanlarda uzmanlığı bulunan katılımcıların da çalışmada yer aldığı görülmektedir. Bu çeşitlilik, araştırmanın farklı bakış açılarıyla zenginleştiğini göstermektedir.

Çizelge 3.6 Katılımcıların Görev Yaptıkları İllere Göre Dağılımı

İl	Frekans (n)	Yüzde (%)
Afyonkarahisar	14	58,3%
İzmir	4	16,7%
Aydın	2	8,3%
Gaziantep	1	4,2%
Düzce	1	4,2%
Denizli	1	4,2%
İstanbul	1	4,2%
Toplam	24	100%

Çizelge 3.6’da görüldüğü üzere, katılımcıların büyük bir kısmı Afyonkarahisar ilinden araştırmaya katılım sağlamıştır (%58,3). İzmir (%16,7) ve Aydın (%8,3) illeri diğer dikkat çeken katkı sağlayan iller olurken, Gaziantep, Düzce, Denizli ve İstanbul illerinden ise daha az sayıda katılımcı (%4,2) yer almıştır. Bu durum, katılımcıların çoğunlukla Ege Bölgesi illerinde görev yaptığını ve bölgesel bir yoğunlaşmanın bulunduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.7 Katılımcıların Türkiye’nin Coğrafi Bölgelerine Göre Dağılımı

Coğrafi Bölge	Frekans (n)	Yüzde (%)	İller
Ege Bölgesi	18	75,0%	Afyonkarahisar (14), İzmir (4), Aydın (2), Denizli (1)
Karadeniz Bölgesi	1	4,2%	Düzce (1)
Marmara Bölgesi	1	4,2%	İstanbul (1)
Güneydoğu Anadolu	1	4,2%	Gaziantep (1)
Toplam	24	100%	

Türkiye'nin coğrafi bölgelerine göre katılımcı dağılımının sunulduğu Çizelge 3.7'ye göre, katılımcıların büyük çoğunluğu Ege Bölgesi'nden (%75,0) araştırmaya katkı sunmuştur. Afyonkarahisar (14), İzmir (4), Aydın (2) ve Denizli (1) illerinden gelen katılımcılar bu grubu oluşturmaktadır. Karadeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinden ise yalnızca birer katılımcı (%4,2) araştırmaya dahil olmuştur. Bu durum, Ege Bölgesi'nin araştırma sürecine olan katkısının diğer bölgelere kıyasla oldukça yüksek olduğunu ve çalışmanın bölgesel olarak ağırlıklı bir örneklem üzerinden yürütüldüğünü ortaya koymaktadır.

3.3 Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşınması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla düzenlenmiş Delphi yöntemi kullanılmıştır. Veri toplama süreci, ilk turda yarı yapılandırılmış görüşmelerin, ikinci turda ise 5'li Likert tipi çevrim içi anketin uygulanması şeklinde iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Her aşamada kullanılan veri toplama araçları, alan yazın taraması, uzman görüşleri ve ön uygulama sonuçları doğrultusunda özenle geliştirilmiştir.

Hem yarı yapılandırılmış görüşme formu hem de Likert tipi anket maddeleri, ilgili alan yazın (örneğin: Project 2061 raporları, fen eğitimi yeterlik çerçeveleri, 21. yüzyıl becerileri çalışmaları) doğrultusunda hazırlanmıştır. Veri toplama araçlarının kapsam ve geçerlik düzeyini artırmak amacıyla geliştirilen tüm formlar, alanında uzman üç akademisyenin görüşleri doğrultusunda gözden geçirilmiş ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Ayrıca, araçların uygulanabilirliğini test etmek amacıyla ön uygulamalar gerçekleştirilmiş ve gelen geri bildirimler doğrultusunda son halleri verilmiştir.

Bu çok aşamalı ve titiz süreç, araştırmanın güvenilirliğini ve geçerliliğini artırmayı hedeflemiş ve düzenlenmiş Delphi tekniğinin sistematik doğasına uygun şekilde yürütülmüştür.

3.3.1 Birinci Delphi Uygulaması: Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Delphi sürecinin ilk turunda, araştırmanın nitel boyutunu oluşturmak amacıyla araştırmacılar tarafından hazırlanan yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır.

Bu form, fen bilimleri öğretmenlerinin gelecekte taşınması gereken yeterliklere ilişkin katılımcıların bilgi, düşünce ve öngörülerini derinlemesine ortaya koyabilmek amacıyla oluşturulmuştur. Görüşme formu toplamda 8 açık uçlu sorudan oluşmakta olup, soruların geliştirilmesinde kapsamlı bir alan yazın taraması yapılmış, ayrıca alanında uzman görüşlerine başvurulmuş ve ön uygulama (pilot çalışma) gerçekleştirilmiştir. Görüşme sürecinde uzmanlara yöneltilen sorulara Çizelge 3.8’de yer verilmiştir:

Çizelge 3.8 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları

Soru Türü	Görüşme Sorusu
Giriş Sorusu	1. Lütfen kendinizi kısaca tanıtır mısınız? (Görev yeri, kıdem, unvan, uzmanlık alanı, yaş vb. bilgiler.) 2. 2061 yılında fen bilimleri alanında gerçekleşeceğini öngördüğünüz değişimler nelerdir? Bu değişimlerin nedenlerini açıklayabilir misiniz? 3. 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinden, teknolojiyi kullanma bağlamında beklenebilecek yeterlikler sizce neler olabilir? Lütfen örneklerle açıklayınız. 4. Fen bilimleri öğretmenlerinden 2061 yılında beklenen sosyal beceriler sizce nasıl bir değişim gösterebilir? Bu değişimlerin öğretmen rolüne nasıl yansıtacağını öngörüyorsunuz? Lütfen örneklerle açıklayınız. 5. 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması beklenen değerlere ilişkin düşünceleriniz nelerdir?
İçerikle İlgili Sorular	6. Sizce 2061 yılında bir fen bilimleri öğretmeni ne tür yeterliklere sahip olmalıdır? - i) Teknoloji alanında - ii) Sınıf yönetimi alanında - iii) Pedagojik alanda - iv) İletişim vb. alanlarda 7. 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin karşılaşılabileceği olası sorunlar sizce neler olabilir? - i) Teknoloji alanında - ii) Sınıf yönetimi alanında - iii) Pedagojik alanda - iv) İletişim vb. alanlarda 8. 2061 yılına yönelik olarak, fen bilimleri öğretmenlerine ihtiyaç duyacakları yeterlikleri kazandırmak amacıyla günümüz bağlamında hangi önerilerde bulunabilirsiniz?

Görüşmelerin bir kısmı yüz yüze, bir kısmı ise çevrim içi olarak gerçekleştirilmiş; tüm görüşmelerin ses kayıtları alınmış ve daha sonra yazılı hale getirilmiştir. Katılımcıların onamları etik kurallar çerçevesinde görüşme öncesinde alınmıştır. Toplamda gerçekleştirilen görüşmelerin süresi 652 dakika 7 saniye olarak hesaplanmıştır. Elde edilen nitel veriler, Delphi sürecinin ikinci turuna temel oluşturacak yeterlik ifadelerinin oluşturulmasında kullanılmıştır.

3.3.2 İkinci Delphi Uygulaması: Çevrimiçi Anket Formu

Delphi sürecinin ikinci turunda, birinci tur görüşmelerinden elde edilen verilerin analizi sonucu oluşturulan yeterlik ifadelerinin değerlendirilmesi amacıyla 5’li Likert tipi bir anket kullanılmıştır. Anket, 33 maddeden oluşmakta olup, katılımcıların her bir yeterlik ifadesine yönelik görüşlerini "Kesinlikle Katılmıyorum" (1) ile "Kesinlikle Katılıyorum" (5) arasında derecelendirmeleri istenmiştir. Anket formu, Google Forms platformu aracılığıyla çevrim içi olarak uygulanmıştır. Görüşme sürecinde uzmanlar tarafından cevaplanan çevrimiçi anket sorularından iki tanesine Şekil 3.3’te yer verilmiştir:

1. Teknoloji Kullanım Yeterliliği (5)

Güncel teknolojileri takip etme: Yapay zekâ destekli öğretim sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve holografik ders materyalleri ile çalışabilmeli. *

1 2 3 4 5

Kesinlikle Katılmıyorum ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Kesinlikle Katılıyorum

Kodlama ve veri analizi: STEM ve bilimsel araştırmalar için temel programlama ve veri analizi becerilerine sahip olabilmeli. *

1 2 3 4 5

Kesinlikle Katılmıyorum ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Kesinlikle Katılıyorum

Şekil 3.3 Çevrimiçi Anket Formundan bir kesit.

İlgili maddelerin oluşturulmasında birinci turda ortaya çıkan temalar esas alınmış, her ifade net ve ölçülebilir olacak şekilde yapılandırılmıştır. Anket formunun geçerliliğini sağlamak amacıyla içerik uzmanlarından görüş alınmış ve ön test çalışması yapılmıştır. İkinci turdan elde edilen veriler, Delphi sürecinin bulgular bölümüne temel oluşturmak üzere analiz edilmiştir.

3.4 Veri Toplama Süreci

Bu araştırmada veri toplama süreci Aralık 2024 ile Mart 2025 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, fen bilimleri öğretmenlerinin 2061 yılında sahip olması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla iki turlu Delphi tekniği kullanılmıştır. Her iki turda da toplam 24 uzman katılımcı yer almıştır. Katılımcılar; fen eğitimi, öğretmen eğitimi ve eğitimde gelecek öngörüler konularında uzman akademisyenler ile Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlı kurumlarda görev yapan deneyimli fen bilimleri öğretmenlerinden oluşmaktadır.

3.4.1 Birinci Delphi Turunda Verilerin Toplanması

İlk turda, araştırmacılar tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Görüşmeler, katılımcıların tercihinine göre yüz yüze ve çevrim içi olmak üzere iki farklı formatta gerçekleştirilmiştir. Toplam görüşme süresi 652 dakika 7 saniye olup, tüm görüşmeler sesli ve/veya görüntülü olarak kaydedilmiştir. Görüşme formu, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinden beklenen yeterliklere dair sekiz açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Bu sorular, literatür taraması, uzman görüşleri ve araştırmanın amacına uygun olarak hazırlanmış, ayrıca ön uygulama (pilot çalışma) ile test edilmiştir. Görüşmeler hem yüz yüze hem de çevrim içi olarak gerçekleştirilmiş, katılımcıların tercihlerine ve fiziki koşullara göre yöntem farklılıkları uygulanmıştır.

Aşağıda, her bir katılımcıya ait görüşme süresi (dakika cinsinden) ve görüşmenin gerçekleştirilme şekli (yüz yüze/çevrim içi) yer almaktadır. Bu tablo, araştırmanın derinlemesine nitel veri toplama yönünü ortaya koymakta ve uzmanlardan elde edilen bilgi yoğunluğunu göstermektedir.

Çizelge 3.9 Birinci Tur Görüşme Süreleri ve Görüşme Şekilleri

No	Katılımcı Kod	Süre (Dakika:Saniye)	Görüşme Şekli
1	Sude	46:27	Yüz Yüze
2	Mert	18:41	Yüz Yüze
3	Can	19:34	Yüz Yüze
4	Defne	38:30	Yüz Yüze
5	Cem	19:24	Yüz Yüze
6	Tufan	25:33	Yüz Yüze
7	Kerem	33:19	Yüz Yüze
8	Baran	23:30	Çevrim İçi
9	Bora	24:43	Yüz Yüze
10	Burak	50:31	Yüz Yüze
11	Emre	15:27	Çevrim İçi
12	Derya	27:49	Çevrim İçi
13	Merve	16:32	Çevrim İçi
14	Elif	22:32	Çevrim İçi
15	Taylan	28:21	Çevrim İçi
16	Levent	26:53	Çevrim İçi
17	Aslı	27:46	Yüz Yüze
18	Zehra	51:10	Çevrim İçi
19	Ece	15:57	Çevrim İçi
20	Lina	24:15	Yüz Yüze
21	Tuna	24:33	Çevrim İçi
22	Serkan	14:12	Yüz Yüze
23	Selim	28:14	Çevrim İçi
24	Aylin	17:45	Yüz Yüze
TOPLAM		652:07	

3.4.2 İkinci Delphi Turunda Verilerin Toplanması

İkinci turda, ilk turdan elde edilen bulgular doğrultusunda tematik analizle oluşturulan 33 maddelik 5’li Likert tipi bir anket kullanılmıştır. Anket Google Forms aracılığıyla

hazırlanmış ve yeniden aynı 24 uzmana gönderilmiştir. Tüm katılımcılar ankete yanıt vermiştir. Katılımcılar her maddeyi “Kesinlikle Katılmıyorum” (1) ile “Kesinlikle Katılıyorum” (5) arasında değerlendirmiştir.

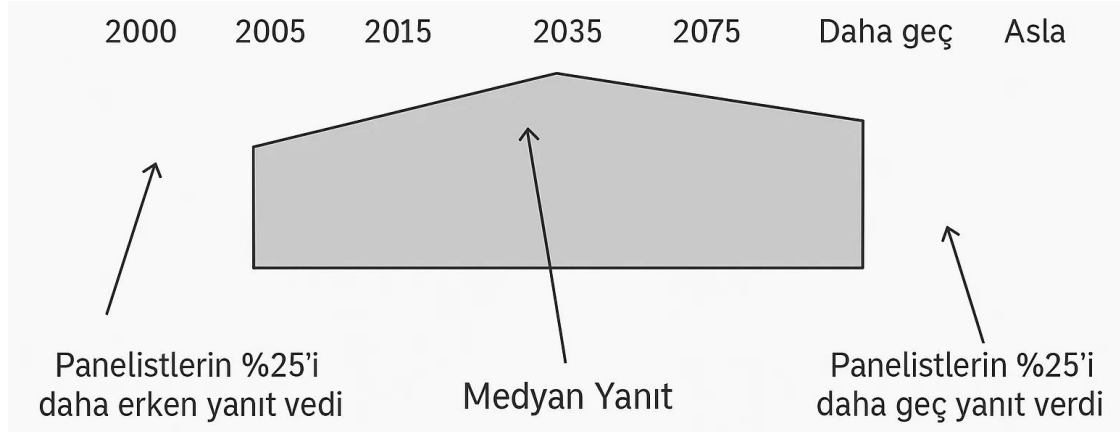
3.5 Uzlaşma Ölçütü

Delphi araştırmalarında uzlaşma ölçütlerinin belirlenmesi sürecine ilişkin literatürde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Williams ve Webb (1994), uzlaşmayı “fikir birliği, genel görüş” olarak tanımlarken; Nworie (2011), Delphi tekniğini, birden fazla boyutu olan ve uzman görüşlerine dayalı yargıların gerekli olduğu karmaşık problemleri araştırmak için etkili bir yöntem olarak öne çıkarmaktadır. Nworie’ye göre bu yöntemin temelinde, uzman panelistlerin kolektif bakış açılarının, bireysel bir uzmanın sınırlı görüşlerinden daha güvenilir ve kapsamlı sonuçlar üretebileceği düşüncesi yer almaktadır. Ayrıca iki veya daha fazla turun bir Delphi çalışmasında uzlaşma örüntüsü sağlayabileceğini belirtmiştir.

Delphi araştırmalarında kullanılan soru biçimi, elde edilen verilerin analiz sürecini doğrudan etkileyebilmektedir. Nicel yanıtlar içeren veya "kutucuk işaretleme" (check the box) tarzında yapılandırılan sorular, toplanması ve işlenmesi açısından daha kolaydır. Bu tür sorular elektronik tablolar yardımıyla kolayca derlenebilir; ancak her zaman bu tür yapılandırılmış sorularla çalışmak mümkün ya da uygun olmayabilir (Gordon 1994).

Bu bağlamda, Gordon (1994), Delphi yöntemiyle elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde yalnızca ölçülebilir istatistiksel değerlerin değil, aynı zamanda uzman görüşlerinin güvenilirliğini sağlamak adına merkezi eğilim ölçütlerinden *medyan* ile *çeyrekler arası genişlik (IQR)* gibi dağılım ölçütlerinin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır. Yazar, çalışmasında medyan değerlerin, uç değerlerin sonuçları yanıltıcı biçimde etkilemesini engellediğini ve çeyrekler arası genişlik ile yorumlandığında uzlaşma düzeyine dair daha sağlıklı çıkarımlar yapılabildiğini belirtmektedir. Gordon bu bağlamda, medyan ve IQR değerlerinin Delphi analizlerinde güvenilir ve geçerli bir uzlaşma ölçütü sunduğunu örnek bir veri paylaşımıyla (Şekil 3.4) açıklayarak ortaya koymuştur.

Yazar, medyan değerlerin Delphi uygulamalarında neden tercih edilmesi gerektiğini sayısal veriler eşliğinde göstermekte ve bu yöntemin sonuçların güvenilirliğini artırıcı etkisine dikkat çekmektedir.



Şekil 3.4 Panelistlerin yanıtlarının dağılımı ve interquartile aralığı (IQR). (Gordon, 1994'ten uyarlanmıştır)

Medyan, sıralı bir veri setinde tam ortada yer alan ve seriyi iki eşit parçaya ayıran değerdir. Birinci çeyrek (Q1), yanıtların %25'inin altında kaldığı noktayı, üçüncü çeyrek (Q3) ise %75'inin altında kaldığı noktayı temsil etmektedir. Bu iki değer arasındaki fark çeyrekler arası genişlik (IQR) olarak adlandırılır. Delphi tekniğinde uzmanlar arasında fikir birliği düzeyini değerlendirmek için sıklıkla çeyrekler arası genişlik (interquartile range, IQR) ve buna bağlı olarak çeyrek sapma (quartile deviation) hesaplanmaktadır. Raskin'e (1994) göre, çeyrek sapma, yanıtların %50'sinin bulunduğu aralığın (IQR) yarısının hesaplanmasıyla elde edilir ve uzman görüşleri arasındaki dağılımın bir göstergesidir. Bu bağlamda, çeyrek sapma değerinin 1.00 veya daha düşük olması, grup içinde anlamlı bir istatistiksel uzlaş (consensus) bulunduğu işaret eder. Bu eşik değeri, Delphi çalışmasında katılımcıların görüşlerinin tutarlılığına dair nesnel bir ölçüt sunar.

Delphi çalışmalarında grup içi uzlaş düzeyini belirlemek amacıyla çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de çeyrekler arası sapma (*interquartile deviation*, IQD) değeridir. IQD, %75'lik ve %25'lik yüzdelik dilimler (percentiles) arasındaki mutlak farkın hesaplanmasıyla elde edilir ve elde edilen değerin düşük olması, uzmanlar arasında yüksek düzeyde görüş birliği olduğunu gösterir.

(Rayens & Hahn, 2000). Öte yandan, bazı çalışmalarda aynı hesaplama yöntemi çeyrekler arası aralık (*interquartile range*, IQR) terimiyle anılmakta ve benzer biçimde yorumlanmaktadır (Raskin 1994).

Sharkey ve Sharples (2001), bazı çalışmalarda (bkz. Passannante, Restifo ve Reichman, 1993) uzlaşma düzeyinin belirlenmesinde ortalama puan etrafındaki yayılımın, yani standart sapma değerinin kullanıldığını ifade etmektedir. Ve bu çalışmalar bunu gerekçelendirirken puanların geniş bir aralıkta dağılmasının, panelistler arasında daha zayıf bir uzlaşmaya işaret edeceğini; takip eden turlarda bu yayılımın daralmasının, fikirlerin daha fazla yakınsadığı ve uzlaşma düzeyinin arttığı anlamına geleceğini öne sürmektedirler. Ayrıca, yazarlar standart sapmanın istatistiksel anlamına da dikkat çekerek, ortalamadan bir standart sapma uzaklıktaki puanların yaklaşık %68'ini, iki standart sapma uzaklıktaki puanların %95'ini ve üç standart sapma uzaklıktaki puanların ise %99'unu kapsadığını belirtmektedir. Bu bağlamda, standart sapma değerinin daralması, Delphi panellerinde fikir birliğine doğru ilerleyişin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Sharkey ve Sharples 2001).

Bu araştırmada, ilgili alan yazında yer alan bulgular doğrultusunda uzlaşma ölçütü olarak merkezi eğilim ölçütlerinden medyan (Mdn), dağılım ölçütlerinden çeyrekler arası genişlik (IQR) ve ± 1 standart sapma aralığı esas alınmıştır. Uzlaşma düzeyinin sağlandığını kabul etmek için şu kriterler belirlenmiştir: Uzlaşma oranı en az %80, medyan en az 4 ve çeyrekler arası genişlik en fazla 1 ve standart sapma aralığı ($SS \leq 1$) olmalıdır. Bu ölçütler, katılımcılar arasında yüksek düzeyde fikir birliği sağlanıp sağlanmadığının değerlendirilmesinde temel alınacaktır.

3.6 Verilerin Analizi

Bu araştırmada veri analiz süreci, Delphi yöntemi çerçevesinde iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Birinci turda elde edilen nitel veriler içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiş, ikinci turda elde edilen nicel veriler ise istatistiksel analizlerle çözümlenmiştir. Araştırmada nitel ve nicel veri analiz teknikleri bir arada kullanılarak karma yöntemsel bir yaklaşım benimsenmiştir.

3.6.1 Birinci Delphi Turundan Elde Edilen Verilerin Analizi

2061 yılında bir fen bilimleri öğretmeninin taşıması gereken yeterlikleri belirlemek amacıyla yürütülen bu araştırmanın birinci Delphi turunda, çalışmanın temelini oluşturacak nitel verilerin toplanması hedeflenmiştir. Araştırmanın ilk turunda, katılımcılara yöneltilen 8 açık uçlu yarı yapılandırılmış soru aracılığıyla nitel veriler toplanmıştır. Bu kapsamda, alanında uzman 24 katılımcı ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Çevrimiçi (online) ve yüz yüze formda olacak şekilde bireysel olarak yürütülen görüşme sürecinde, araştırmacı tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Görüşme sürecinde katılımcı gizliliğine azami özen gösterilmiş, görüşmeler katılımcıların izni doğrultusunda sesli olarak kaydedilmiştir. Veri kayıplarının önüne geçilmesi amacıyla alınan bu kayıtlar, daha sonra araştırmacı tarafından birebir yazıya dökülerek transkriptler oluşturulmuştur. Toplamda yaklaşık 652 dakikalık görüşme kaydı, herhangi bir değişiklik yapılmadan metne aktarılmıştır. Bu sürecin ardından, nitel veri analizine geçilmiştir.

Birinci Delphi turunda elde edilen veriler, nitel araştırmalarda sıkça tercih edilen içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Veri analiz süreci boyunca araştırmacı, görüşme kayıtlarından elde edilen metinleri tekrar tekrar okuyarak anlamlı ifadeleri kodlamış ve bu kodlardan yola çıkarak genel temaları belirlemiştir. Kodlama süreci dört aşamada gerçekleştirilmiştir: (1) verilerin okunması, (2) anlamlı ifadelerin kodlanması, (3) kodların temalara dönüştürülmesi ve (4) temalar altında yeterlik maddelerinin oluşturulması. Temaların oluşumunda katılımcı görüşlerindeki tekrar eden kavramlar, vurgulanan beceriler ve önerilen öğretmen nitelikleri temel alınmıştır. Güvenirliği sağlamak amacıyla, analiz süreci boyunca benzer kodlar ve temalar karşılaştırmalı olarak gözden geçirilmiştir. Elde edilen kodlamalar, tez danışmanı, eğitim programları ve öğretim alanı uzmanının görüşleri doğrultusunda gözden geçirilmiş ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Her bir tema altında, katılımcıların vurguladığı ortak yeterlik maddeleri detaylandırılmıştır.

Katılımcılardan elde edilen görüşler, ilgili temalar kapsamında sistematik biçimde analiz edilmiştir. Katılımcıların üzerinde sıklıkla durduğu yeterlik ifadeleri, temalarla

eşleştirilerek niteliklerine göre gruplandırılmış ve bu gruplandırma sonucunda toplam 33 yeterlik maddesi ortaya konmuştur. Bu yeterlik maddelerinden “Teknoloji Kullanım Yeterliliği” temasına ait 5, “Disiplinler Arası Çalışma Becerisi” temasına ait 4, ve “Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik” temasına ait 5, “Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik” temasına ait 5, “Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama” temasına ait 4, “Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri” temasına ait 4, “Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği” temasına ait 3, “Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim” temasına ait 3, madde belirlenmiştir. Uzmanların vurguladığı temel kavramlar ve yeterlik alanları bu doğrultuda tematik başlıklar altında birleştirilmiş ve sistematik hâle getirilmiştir.

Katılımcı gizliliğini sağlamak adına her katılımcıya kod isimler (örneğin; Sude, Mert, Can, Defne, Burak, Tuna, Serkan, Aylin, Tufan, Derya, Bora, Taylan) atanmış ve doğrudan alıntılar bu kodlar kullanılarak çizelgelerde verilmiştir. Böylelikle bu uygulama, görüşlerin anonimleştirilmesini ve etik ilkelere uygun veri sunumunu sağlamıştır.

3.6.2 İkinci Delphi Turundan Elde Edilen Verilerin Analizi

Araştırmanın ikinci turunda, birinci tur analizlerinden elde edilen temalar ve yeterlik maddeleri kullanılarak yapılandırılan anket formu, 5’li Likert tipi ölçekle katılımcılara sunulmuştur. Katılımcılar, her bir yeterlik maddesine ilişkin görüşlerini “kesinlikle katılmıyorum” (1) ile “kesinlikle katılıyorum” (5) arasında puanlayarak belirtmişlerdir. Toplanan nicel veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Her bir yeterlik maddesi için aşağıdaki istatistiksel değerler hesaplanmıştır:

- Medyan (Ortanca Değer): Katılımcıların merkezi eğilimlerini belirlemek için kullanılmıştır.
- Standart Sapma (SS): Katılımcıların görüşleri arasındaki dağılımı ölçmek için hesaplanmıştır.
- Çeyrekler Arası Açıklık (IQR): Katılımcılar arasındaki görüş farklılıklarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

- Uzlaşma Yüzdesi (%): Her bir yeterlik maddesi için fikir birliğinin ne düzeyde sağlandığını belirlemek amacıyla hesaplanmıştır. Literatürde yaygın olarak kabul gören yaklaşıma uygun olarak, uzlaşma yüzdesi %80 ve üzeri olan maddeler “kabul edilmiş yeterlikler” olarak değerlendirilmiştir.

Bu analizler sonucunda, uzmanlar arasında yüksek düzeyde fikir birliği sağlanan yeterlik maddeleri belirlenmiş ve geleceğin fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken temel yeterlikler somutlaştırılmıştır.

3.7 Geçerlik ve Güvenirlik

Bu araştırmada 2061 yılında bir fen bilimleri öğretmenin taşıması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla Delphi tekniği kullanılmış ve süreçte nitel ve nicel veriler bir arada değerlendirilmiştir. Araştırmanın birinci turunda nitel, ikinci ve üçüncü turlarında ise nicel veriler toplanmıştır. Süreç boyunca elde edilen verilerin geçerli ve güvenilir olmasına büyük önem verilmiştir.

3.6.1 Nitel Boyutun Geçerlik ve Güvenirliği

Nitel araştırmalarda güvenilirlik, kaliteye ilişkin değerlendirmelerin belirli ölçütlere dayanmasıyla oluşur. Güvenilirlik, bu ölçütlere göre yapılan yargıların bir sonucu olup, kalite ve güvenilirlik birbirini destekleyen unsurlar olarak değerlendirilir. Kaliteye ilişkin yargılar, güvenilirliğin algılanmasında temel rol oynar. Bu bağlamda, fenomenoloji, etnometodoloji, etnografi, hermenötik, sembolik etkileşimcilik, sezgisel yaklaşımlar, eleştirel teori, realizm, gömülü kuram ve feminist araştırma gibi çeşitli nitel araştırma yaklaşımları, güvenilirlik ve kalite sorunlarının, çalışmanın hedef kitlesi ve amacına bağlı olarak farklı şekillerde ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Nitel araştırmaların güvenilirliğini oluşturan üç temel unsurdan ilki; güvenilirlik konularına özen gösterilerek elde edilen verilerin sistematik biçimde analiz edilmesini sağlayan titiz saha araştırma yöntemleridir. İkinci unsur, araştırmacının güvenilirliğidir; bu ise araştırmacının akademik eğitimi, mesleki deneyimi, geçmişteki başarıları, statüsü ve kendini sunma biçimiyle doğrudan ilişkilidir. Üçüncü unsur ise araştırmacının nitel

araştırmanın doğasına yönelik felsefi bir bağlılık taşımasıdır. Bu bağlılık; doğalcı yaklaşımlara, nitel yöntemlere, tümevarımsal analiz süreçlerine, amaçlı örnekleme tekniklerine ve bütüncül düşünmeye duyulan derin bir anlayışı gerektirir (Patton 2002).

Lincoln ve Guba'ya (1985) göre, nitel araştırmalarda güvenilirlik (trustworthiness), araştırma raporlarını kullanacak olan kişiler açısından temel bir kaygı konusudur. Bu nedenle, bir araştırmanın güvenilir olarak kabul edilebilmesi için dört temel ölçütün karşılanması gerekmektedir: inanılabilirlik (credibility), aktarılabilirlik (transferability), tutarlılık (dependability) ve doğrulanabilirlik (confirmability). Güvenilirliğin sağlanmasına yönelik olarak beş temel teknik önermektedir. Bunlardan ilki, güvenilir bulgu ve yorumların elde edilme olasılığını artıran etkinliklerdir; bu etkinlikler uzun süreli etkileşim (prolonged engagement), ısrarlı gözlem (persistent observation) ve üçgenleme (triangulation) olarak tanımlanır. İkinci olarak, araştırma sürecine dışsal bir denetim sağlamayı amaçlayan akran denetimi (peer debriefing) önerilmektedir. Üçüncü teknik, araştırma sürecinde bilgi arttıkça çalışma hipotezlerini gözden geçirmeyi sağlayan olumsuz örnek analizi (negative case analysis) iken; dördüncü olarak, ön bulguların ve yorumların arşivlenmiş ham verilerle karşılaştırılmasına olanak tanıyan göndergesel yeterlik (referential adequacy) kullanılmaktadır. Son olarak, elde edilen bulguların ve yorumların, bu bilgilerin kaynakları olan katılımcılarla doğrudan test edilmesini sağlayan katılımcı onayı (member checking) tekniği güvenilirliğin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır (Lincoln ve Guba 1985).

Shenton (2004), nitel araştırmalarda güvenilirliğin sağlanması adına uzun yıllardır geçerliliğini koruyan bazı yapısal çerçevelerin varlığına dikkat çeker. Özellikle Guba'nın önerdiği dört temel ölçüt—inandırıcılık (credibility), aktarılabilirlik (transferability), tutarlılık (dependability) ve doğrulanabilirlik (confirmability)—nitel çalışmaların güvenilirliğini temin etmede kritik öneme sahip olduğunu belirtir. Araştırmacılar, inandırıcılığı sağlamak adına incelenen olguyu gerçeğe en uygun biçimde sunmaya çalışırken; aktarılabilirlik ölçütü ise araştırma bağlamına ilişkin yeterli detay verilerek, okuyucunun benzer başka bir ortama bu sonuçları uygulayıp uygulayamayacağına karar vermesini mümkün kılar. Tutarlılık ölçütü, nitel çalışmalarda her ne kadar zorlayıcı olsa da araştırmacının çalışmasının başka bir

araştırmacı tarafından benzer koşullarda tekrar edilebilirliğini sağlama çabasıyla ilişkilidir. Son olarak, doğrulanabilirlik ilkesi kapsamında araştırmacılar, elde ettikleri bulguların kendi önyargılarından değil, doğrudan verilerden türediğini ortaya koymak için gerekli önlemleri almakla yükümlüdür (Shenton 2004).

Bu doğrultuda, birinci Delphi turunda uygulanan yarı yapılandırılmış görüşmelerde katılımcıların görüşlerinin derinlemesine ortaya konması amaçlanmış ve veri toplama süreci “derinlik odaklı veri toplama” stratejisine dayalı olarak yapılandırılmıştır. Görüşmeler öncesinde uzman görüşü alınarak soruların kapsam geçerliği sağlanmıştır. Görüşmeler katılımcı onayı ile sesli olarak kaydedilmiş ve elde edilen veriler araştırmacı tarafından aynen yazıya dökülmüştür. Katılımcılara aynı ses tonu ve aynı sıra ile sorular yöneltilerek veri toplama sürecinde yönlendirmeden kaçınılmış, böylece nesnellik korunmuştur.

3.6.1 Nicel Boyutun Geçerlik ve Güvenirliği

Delphi yönteminde her bir uzmanın görüşü, istatistiksel olarak işlenerek grup yanıtına katkıda bulunur. Bu sayede grup görüşü yalnızca baskın fikirlerle değil, tüm katılımcıların katkılarıyla şekillenir. Soruların nicel analizlere uygun biçimde yapılandırılması, nihai sonuçların sayısal temelli değerlendirilmesine olanak tanır (Landeta 2006).

Araştırmanın ikinci ve üçüncü turlarında anket formları yoluyla elde edilen nicel verilerin geçerli ve güvenilir olması için çeşitli önlemler alınmıştır. Bu kapsamda:

- Delphi 2. Tur Anketi, bir öğretim programı uzmanı tarafından değerlendirilmiş;
- Anket formu üç farklı uzmanın (alan eğitimi, öğretmen eğitimi ve ölçme-değerlendirme uzmanı) görüşlerine sunulurken içerik geçerliği sağlanmıştır;
- Anketlerin çevrimiçi uygulanması sürecinde katılımcıların birbirinden haberdar olmamaları sağlanmış, böylece yanıtlar arasında etkileşim engellenmiştir.

Araştırma süreci boyunca gizlilik ve gönüllülük esasına dayalı etik kurallar gözetilerek, veri toplama ve analiz sürecinde şeffaflık ilkesi benimsenmiştir.

3.8 Araştırmacının Rolü

3.8.1 Araştırmacının Rolünün Önemi

Delphi araştırmaları, çok aşamalı, uzun soluklu ve nitel veri toplamaya dayalı süreçler olması nedeniyle araştırmacıdan yüksek düzeyde sorumluluk ve özen gerektirir. Delphi yönteminde kullanılan tekniksel yapılar ve uygulama süreçleri kadar, süreci yöneten araştırmacının bilgi birikimi ve yetkinlikleri de çalışmanın güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Grime ve Wright (2016), araştırmacının sahip olduğu beceri setinin, Delphi yönteminin diğer tüm unsurları kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır. Ancak literatürde, genellikle tekniğin kendisine odaklanılırken, bu süreci yürüten araştırmacının niteliklerine ilişkin değerlendirmelere daha az yer verildiği görülmektedir. Bu durum, özellikle karar verme süreçlerinde ortaya çıkabilecek bilişsel önyargılar ve sezgisel hatalar ışığında önemli bir boşluğa işaret etmektedir. Bu bağlamda, çalışmanın başarısı büyük ölçüde araştırmacının süreci etkin biçimde yönetmesine bağlıdır.

3.8.2 Katılımcı Bilgilendirme ve Süreç Takibi

Hasson, Keeney ve McKenna'nın (2000) belirttiği gibi Delphi tekniğinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi, araştırmacının yalnızca bilimsel bilgi ve analiz yetkinliğiyle değil, aynı zamanda güçlü idari ve organizasyonel becerileriyle de doğrudan ilişkilidir. Yanıtlayıcıları ilk tura son tura kadar izleyebilecek bir kodlama sistemi geliştirmek, gerekli hatırlatmaları zamanında yapmak ve görüş değişikliklerini analiz etmek araştırmacının sorumluluğundadır. Ayrıca, etkili bir dosyalama sistemi kurmak, gönderim listeleri ve veri tabanı oluşturmak ve bunları sürdürmek sürecin düzenli ilerleyebilmesi için zorunludur. Bu süreçte kullanılan fiziksel kaynaklar da (örneğin: saklama alanı, zarflar, kâğıtlar, etiketler vb.) sürecin verimliliğini etkileyen önemli unsurlar arasında yer alır. Literatürde bu tür pratik detaylara nadiren yer verilse de Delphi tekniğinin sorunsuz uygulanabilmesi büyük ölçüde bu tür lojistik ve yönetsel hazırlıklara bağlıdır (Hasson vd. 2000).

Delphi sürecinde bilgi alışverişi doğrudan değil, araştırmacı ya da koordinatör aracılığıyla sağlanır. Bu kontrollü geri bildirim sayesinde, yalnızca analitik olarak anlamlı ve konuya uygun bilgiler uzmanlara sunulur. Böylece bilgi kirliliği önlenir ve uzmanların dikkatleri doğru verilere yönlendirilmiş olur (Landeta 2006).

Bu araştırmada, 24 uzman ile bireysel olarak görüşülmüş ve uzmanlara sürecin her aşaması hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. Araştırmanın başlangıcında katılımcılara Katılımcı Davet ve Bilgilendirme Mektubu gönderilerek, amaç, işleyiş ve tahmini süreler açıkça aktarılmış, etik ilkelere uygun olarak bilgilendirilmiş onamları alınmıştır. Görüşmeler hem yüz yüze hem de çevrimiçi platformlar üzerinden gerçekleştirilmiş, ardından anketler Google Forms aracılığıyla toplanmıştır. Araştırma süresince her Delphi turu öncesi ve sonrası bilgilendirme e-postaları ile katılımcılar aktif olarak sürece dahil edilmiş ve hatırlatmalar yapılarak katılım sürekliliği sağlanmıştır. Uzmanlarla toplamda yaklaşık 652 dakikalık görüşme kaydı bulunmakta olup, süreçte harcanan toplam zamanın ise bu sürenin çok daha üzerinde olduğu değerlendirilmektedir.

3.8.3 Verilerin Toplanması ve Yorumlanmasında Araştırmacının Tarafsızlığı

Delphi tekniğinin ilk turunda elde edilen nitel verilerin objektif olarak analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Araştırmacı, 24 uzmanla gerçekleştirdiği görüşmeleri bireysel olarak yürütmüş, soruları tüm katılımcılara aynı şekilde yöneltilmiş ve yönlendirici ifadelerden kaçınmıştır. Görüşmeler yazıya aktarılırken herhangi bir yorum veya öznellikten uzak kalınarak, doğrudan alıntılarla ilerlenmiş ve böylece verilerin doğruluğu ile güvenilirliği sağlanmıştır.

3.8.4 Gizlilik İlkesine Uyum

Delphi yönteminin temel özelliklerinden biri, uzmanların kimliklerinin gizli tutulmasıdır. Bu anonimlik, katılımcıların sosyal statülerinin ya da kişisel etkilerinin grup dinamiklerini yönlendirmesini engeller. Böylece katılımcılar fikirlerini daha özgürce ifade edebilir. Landeta (2006), bu uygulamanın grup içinde bireyler arası

hiyerarşiden kaynaklanabilecek olumsuz etkilerin önüne geçtiğini ve uzmanların yalnızca fikirleriyle değerlendirildiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, zaman ve mekân açısından aynı ortamda bulunmaları gerekmeden birlikte çalışmalarını sağlandığını bildirmektedir.

Araştırmada Delphi yönteminin temel ilkelerinden olan anonimlik ve katılımcıların birbirleriyle iletişim kurmaması prensibi titizlikle uygulanmıştır. Görüşmeler birebir yapılmış, anketlerde katılımcı isimleri kodlanarak kimlik bilgileri gizli tutulmuştur. Bu uygulama hem etik açıdan hem de metodolojik açıdan sürecin geçerliliğine katkıda bulunmuştur.

3.8.5 Veri Toplama Araçlarının Geliştirilmesinde Araştırmacı Etkisi

Delphi çalışmasında kullanılan veri toplama araçları, birinci turda yarı yapılandırılmış görüşme formu ve ikinci turda Google Form aracılığıyla oluşturulan anket formudur. Bu araçlar, araştırmanın amacına uygun şekilde danışman rehberliğinde geliştirilmiş; ayrıca iki farklı alandan uzman akademisyenin görüşleri alınarak içerik geçerliliği sağlanmıştır.

Veri toplama araçlarının geliştirilmesinde literatür taraması esas alınmış, soruların açık, anlaşılır ve temsili olmasına dikkat edilmiştir. Sürecin güvenilirliğini test etmek amacıyla pilot uygulamalar yapılmıştır. Araştırmacı, daha önce yürüttüğü çeşitli akademik çalışmalardan elde ettiği yöntemsel birikimi bu süreçte etkin biçimde kullanmıştır. Nitekim araştırmacının geçmişte etik kurul ve MEB araştırma izni alınarak gerçekleştirdiği çok sayıda nitel ve nicel çalışma, bu tür araçların geliştirilmesinde kuramsal ve uygulamalı anlamda deneyim kazandırmıştır. Dolayısıyla araştırmacının önceki akademik deneyimi, araçların bilimsel geçerlik ve güvenilirliğini sağlama sürecine doğrudan katkı sağlamıştır. Bu bağlamda, veri toplama araçlarının geliştirilmesinde araştırmacının bilgi birikimi, etik duyarlılığı ve önceki deneyimleri, çalışmanın genel kalitesine doğrudan yansımaktadır.

3.8.6 Araştırmacının Yeterlikleri

Araştırmacı, daha önce etik kurul ve Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) araştırma izinleriyle yürüttüğu beş farklı nitel ve nicel çalışmadan önemli düzeyde deneyim kazanmıştır. Bu süreçlerde, veri toplama araçlarının geliştirilmesi, uygulama sürecinin etik ilkelere uygun yürütölmesi ve bilimsel raporlama konularında yetkinlik kazanmıştır. Uluslararası bir sempozyumda sunduğu bildirisi, bildiri kitabında tam metin olarak yayımlanmış; ayrıca, başka bir çalışması makale hâline getirilerek Dergi Park'ta taranan, uluslararası hakemli bir dergide yayımlanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan görüşme formu/anket, danışman rehberliğinde geliştirilmiş ve iki uzman akademisyenden alınan görüşlerle içerik geçerliliği sağlanmıştır. Araştırmacı, araçların geliştirilmesi sürecinde ilgili literatürü tarayarak kapsamlı bir kuramsal çerçeve oluşturmuş, ardından bir pilot uygulama yaparak formun uygulanabilirliğini test etmiştir. Önceki çalışmalarından elde ettiği yeterlikler, bu araştırmanın sistemli, geçerli ve güvenilir biçimde yürütölmesine katkı sağlamıştır.

4. BULGULAR

Bu bölümde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşınması gereken yeterlikleri belirlemek amacıyla yürütülen Delphi sürecine ait bulgulara yer verilmiştir. Araştırma kapsamında, alanında uzman akademisyenler ve öğretmenlerden oluşan bir uzman grubunun katılımıyla iki turdan oluşan Delphi tekniği uygulanmıştır. Süreç sonunda hem nitel (birinci tur serbest yanıtlar) hem de nicel (ikinci tur puanlamaları) veriler elde edilmiştir. Bulgular, turlar sırasına göre yapılandırılmış ve uzman görüşleri doğrultusunda ulaşılan yeterlik alanları detaylı biçimde sunulmuştur.

4.1 Birinci Delphi Turu

Araştırmanın birinci Delphi turu kapsamında, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşınması gereken yeterliklerin belirlenmesine yönelik olarak yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmış, formun hazırlanma sürecinde danışman onayı alınmış ve iki alan uzmanından görüş alınmıştır. Ayrıca, literatür taraması, pilot uygulama ve araştırmacının daha önce yürüttüğü bilimsel araştırmalardan elde ettiği deneyim bu süreci desteklemiştir.

Fen bilimlerini oluşturan farklı disiplinlerden seçilen uzman katılımcılarla çevrim içi ve yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiş; görüşmeler, katılımcıların onayı alınarak sesli/görüntülü olarak kaydedilmiş ve daha sonra yazılı hale getirilerek analiz sürecine geçilmiştir. Katılımcılardan elde edilen görüşler, ilgili temalar kapsamında sistematik biçimde analiz edilmiştir.

Analiz süreci sonucunda, katılımcıların üzerinde sıklıkla durduğu yeterlik ifadeleri temalarla eşleştirilmiş, niteliklerine göre gruplandırılmış ve toplam 33 yeterlik maddesi ortaya konmuştur. Bu maddeler, aşağıdaki tematik alanlara göre dağıtılmıştır:

- Teknoloji Kullanım Yeterliliği (5 madde)
- Disiplinler Arası Çalışma Becerisi (4 madde)

- Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik (5 madde)
- Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik (5 madde)
- Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama (4 madde)
- Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri (4 madde)
- Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği (3 madde)
- Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim (3 madde)

Uzmanların vurguladığı temel kavramlar ve yeterlik alanları, bu doğrultuda tematik başlıklar altında birleştirilerek sistematik hâle getirilmiştir. Bulgular, her tema altında uzman katılımcıların görüşlerinden yapılan doğrudan alıntılar ile desteklenmiştir. Katılımcı gizliliğini korumak amacıyla her bir uzmana kod isimler (örneğin; Sude, Mert, Can, Defne, Burak, Tuna, Serkan, Aylin, Tufan, Derya, Bora, Taylan, Baran, Selim vb.) atanmış, bu kodlar doğrudan alıntılarda kullanılmıştır. Bu uygulama, etik ilkelere uygunluk ve veri güvenliğini sağlamak açısından önemli görülmektedir.

4.1.1 Teknoloji Kullanım Yeterliliği

Bu tema, fen bilimleri öğretmenlerinin teknolojiyi etkili ve bilinçli şekilde derslerine entegre edebilme yeterliklerini kapsamaktadır. *Güncel teknolojileri takip etme, kodlama ve veri analizi, dijital içerik üretme becerisi, internetin güvenli kullanımı ve dijital teknolojilerin entegrasyonu* kodlarından oluşmaktadır.

4.1.1.1 Güncel Teknolojileri Takip Etme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin güncel teknolojileri takip etme yeterliğine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Güncel teknolojileri takip etme yeterliğinin önemine ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.1'deki şekildedir :

Çizelge 4.1 Güncel Teknolojileri Takip Etme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Teknoloji Kullanım Yeterliliği	Güncel teknolojileri takip etme	“Teknoloji alanında başarılı olabilmek için o dönemin programlarını bilmeli ve kullanabilmelidir.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi)
		“Teknoloji alanında, öğretmenlerin kesinlikle iyi bir teknolojik yeterlilik seviyesine sahip olması gerekiyor.” – Öğretim Üyesi Tuna (Fen Eğitimi)
		“Artık dersler, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik gibi teknolojilerle zenginleştirilmiş...” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)
		“Fen bilimleri öğretmenleri, laboratuvar deneylerini simülasyonlarla desteklemek zorunda.” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)
		“Sanal sınıfların gelecekte eğitimde daha yaygın hale gelmesi bekleniyor.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Sanal gerçeklik, üç boyutlu modelleme... eğitimde daha fazla yer alacak.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)

4.1.1.2 Kodlama ve Veri Analizi

Kodlama ve veri analizi yeterliğinin önemine ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.2’deki şekildedir.

Çizelge 4.2 Kodlama ve veri analizi Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Teknoloji Kullanım Yeterliliği	Kodlama ve veri analizi	“Kodlamayla ilgili bir yeterliliği olması gerekiyor. Nesnelerin interneti, yapay zekâ...” – Öğretim Üyesi Emre (Fen Eğitimi)
		“Matematiği, kodlamayı, teknolojiyi bilmek zorunda... 21. yüzyıl becerilerini bilmek zorundadır.” – Öğretim Üyesi Emre (Fen Eğitimi)
		“Fen dersinde çevre sorunlarını matematiksel modelleme ile anlatabiliriz.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Teknoloji okuryazarlığı ön planda... bu alanda büyük problemler yaşanmayacak.” – Öğretim Üyesi Ece (Fen Eğitimi)
		“Kodlama becerileri eğitime entegre edilmeden teknolojik okuryazarlık eksik kalır.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Veriye dayalı kararlar vermek, öğretmenlerin analitik düşünmesini destekler.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin kodlama ve veri analizi becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır.

4.1.1.3 Dijital İçerik Üretme Becerisi

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin dijital içerik üretme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Dijital içerik üretme becerisine ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.3'teki şekildedir:

Çizelge 4.3 Dijital İçerik Üretme Becerisine Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Teknoloji Kullanım Yeterliliği	Dijital içerik üretme becerisi	“Laboratuvar deneylerini simülasyonlarla desteklemek zorundadır.” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)
		“Yapay zekâ destekli içerik geliştirme, öğretimi zenginleştirir.” – Öğretim Üyesi Emre (Fen Eğitimi)
		“Öğretmen teknolojiyi işini kolaylaştırmak için kullanmalı.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Sanal sınıflar ve ders platformları daha yaygın olacak.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Fen bilimleri öğretmenleri sanal deney ortamları oluşturmalı.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)
		“Dijital araçlar öğrencilerle iletişimi artırabilir.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)

4.1.1.4 İnternet ve İnternet Araçlarının Güvenli Kullanımı

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin internet ve internet araçlarını güvenli bir şekilde kullanabilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.4'teki şekildedir:

Çizelge 4.4 İnternet ve İnternet Araçlarının Güvenli Bir Şekilde Kullanımı Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Teknoloji Kullanım Yeterliliği	İnternetin güvenli kullanımı	“Özel hayatına saygı duymak, kişisel verilerini ihlal etmemek gerekir.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“İnternetteki sahte bilimsel bilgilere karşı öğrenciler bilinçlendirilmeli.” – Öğretim Üyesi Derya (Fen Eğitimi)
		“Dijital ortamlarda veri güvenliği öğretmenin sorumluluğundadır.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Öğretmenler, teknolojiyi kullanırken etik sınırların farkında olmalı.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Sanal sınıflarda öğrencilerin güvenliği için dijital okuryazarlık önemli.” – Öğretmen Selim (Matematik Eğitimi)
		“Öğrencilerin bilgileri gizli tutulmalı; çevrimiçi ortamda mahremiyet korunmalı.” – Öğretim Üyesi Merve (Fen Eğitimi)

4.1.1.5 Çevrimiçi ve Yüz Yüze Eğitime Dijital Teknolojilerin Entegrasyonu

Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.5’teki şekildedir:

Çizelge 4.5 Dijital Teknolojilerin Entegrasyonu Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Teknoloji Kullanım Yeterliliği	Dijital teknolojilerin entegrasyonu	“Hibrit öğretim kullanılabilir. Hem pedagojide hem teknolojide hepsini kapsar.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Okulsuz eğitim modeline yönelme, dijital araçlarla sınıf ortamı yaratma...” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Yüz yüze sınıflar yerini sanal sınıflara bırakabilir.” – Öğretim Üyesi Can (Fen Eğitimi)
		“Uzaktan eğitimde öğrenci-öğretmen etkileşimi için yeni yöntemler gerekli.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Pandemiden sonra hibrit modeller kalıcı hale gelecek.” – Öğretim Üyesi Tuna (Fen Eğitimi)
		“Dijital içerikler sayesinde eğitim mekândan bağımsız hale geldi.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin çevrimiçi ve yüz yüze eğitime dijital teknolojileri entegre edebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır.

4.1.2 Disiplinlerarası Çalışma Becerisi

Bu tema, fen bilimleri öğretmenlerinin fen bilimleriyle diğer disiplinleri ilişkilendirme, disiplinler arası bütünleştirme ve öğrencileri gerçek yaşam bağlamında çok yönlü düşünmeye yönlendirme yeterliklerini kapsamaktadır. *Fen bilimlerini diğer disiplinlerle bütünleştirebilme, STEM ve S-STEM uygulamaları gerçekleştirebilme, projelerde ele alınan sorunları gerçek yaşam problemlerine dayandırabilme ve geleceğin mesleklerine yönelik içerikler oluşturabilme* kodlarından oluşmaktadır.

4.1.2.1 Fen Bilimlerini Diğer Disiplinlerle Bütünleştirebilme

Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.6'daki şekildedir:

Çizelge 4.6 Fen Bilimlerini Diğer Disiplinlerle Bütünleştirebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Disiplinler Arası Çalışma	Disiplinlerle bütünleştirme	“Disiplinler arası yaklaşım olmazsa olmaz hale gelecek.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Fen bilimleri dersinde çevre sorunlarını matematiksel modelleme ile anlatabiliriz.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Fen bilimleri, sanat ve sosyal bilimlerin entegre edildiği model bireyin çok yönlü gelişimini destekler.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Mühendislik artık günlük yaşamın her noktasında etki edecek.” – Öğretim Üyesi Ece (Fen Eğitimi)
		“Fen bilimleri öğretimi, fizik, matematik ve mühendislikle desteklenmeli.” – Öğretmen Cem (Fen Eğitimi)
		“Öğrenciler sadece bilgi almayacak, aynı zamanda kendi öğrenme süreçlerinde aktif rol alacaklar.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin fen bilimlerini diğer disiplinlerle bütünleştirebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır.

4.1.2.2 STEM ve S-STEM (Social-STEM) Uygulamaları Gerçekleştirebilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin STEM ve S-STEM uygulamalarını gerçekleştirebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.7’deki şekildedir:

Çizelge 4.7 STEM ve S-STEM Uygulamaları Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Disiplinler Arası Çalışma	STEM ve S-STEM uygulamaları	“STEM ve disiplinler arası öğretim gelecekte daha yaygın olacaktır.” – Öğretim Üyesi Can (Fen Eğitimi)
		“Disiplinler üstü çalışmak çok daha önemli hale gelecek.” – Öğretmen Sude (STEAM Eğitimi)
		“Fen, sanat ve sosyal bilimler iç içe geçerse çok yönlü eğitim sağlanır.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Fen bilimleri dersinde mühendislik tasarım süreçlerini kullanmalıyız.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)
		“Teknoloji ve sanatın birleştiği projelerle öğrencilerin yaratıcılığı desteklenmeli.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Matematik, fen, sosyal ve Türkçenin bir arada tek bir ders adı altında olacağını tahmin ediyorum.” – Öğretmen Cem (Fen Eğitimi)

4.1.2.3 Projelerde Ele Alınan Sorunları Gerçek Yaşam Problemlerine Dayandırabilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin projelerde ele alınan konuları gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirebilme becerisine sahip

olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.8’deki şekildedir:

Çizelge 4.8 Gerçek Yaşamla İlişkilendirme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Disiplinler Arası Çalışma	Gerçek yaşamla ilişkilendirme	“Fen bilimleri öğretimi, öğrencileri bilimsel araştırmaları sorgulamaya teşvik etmeli.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Fen bilimleri derslerinde güncel çevre sorunlarına yönelik projeler geliştirilmeli.” – Öğretim Üyesi Derya (Fen Eğitimi)
		“Fen bilimleri öğretiminde gerçek yaşamdan alınan örneklerle öğrencilerin ilgisi artırılabilir.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Fen dersleri yalnızca kuramsal değil, uygulamalı içeriklerle zenginleştirilmeli.” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)
		“Proje tabanlı öğretim yöntemleri öğrencileri sorun çözmeye yönlendiriyor.” – Öğretim Üyesi Ece (Fen Eğitimi)
		“Gelecekte öğretmenlerin iklim krizi, sürdürülebilirlik gibi problemleri eğitim içeriğine entegre etmesi gerekir.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)

4.1.2.4 Geleceğin Mesleklerine Yönelik İçerikler Oluşturabilme

Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.9’deki şekildedir:

Çizelge 4.9 Geleceğin Mesleklerine Yönelik İçerikler Oluşturabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Disiplinler Arası Çalışma	Geleceğin meslekleri	“Nano teknoloji ve yapay zekâ gibi alanlarla daha fazla iç içe olacağız.” – Öğretim Üyesi Derya (Fen Eğitimi)
		“Yapay zekâ son iki yıldır oldukça gündemde. Yapay zekâdaki gelişimlerin bu alanı etkileyeceğini düşünüyorum.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Fen bilimleri öğretmenleri kuantum teknolojileri, veri analitiği gibi konularda da içerik hazırlamalıdır.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Gelecekte eğitim, veri bilimi temelli yaklaşımları içermelidir.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“STEM’in içinde yapay zekâ, robotik gibi alanlar da yer almalı.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)
		“Yeni öğretim programları geleceğin teknolojik gelişmelerini kapsamalı.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin geleceğin mesleklerine yönelik içerikler oluşturabilme yeterliğine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır.

4.1.3 Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik

Bu tema, fen bilimleri öğretmenlerinin öğrencilerin bireysel farklılıklarını gözeterek onların öğrenme süreçlerini destekleme, rehberlik yapma ve bilimsel düşünme becerilerini geliştirme yeterliklerini kapsamaktadır. *Bireyselleştirilmiş öğrenme süreçlerini yönetme becerisi, proje tabanlı ve deneysel öğrenmeyi teşvik etme, öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarına göre hareket etmelerini sağlayabilme, eleştirel düşünme ve sorgulama becerilerini geliştirebilme ve bilim okuryazarlığı becerisi kazandırabilme* kodlarından oluşmaktadır.

4.1.3.1 Bireyselleştirilmiş Öğrenme Süreçlerini Yönetme Becerisi

Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.10'daki şekildedir:

Çizelge 4.10 Bireyselleştirilmiş Öğrenme Süreçlerini Yönetme Becerisi Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Öğrenci Merkezli Öğretim	Bireyselleştirilmiş öğrenme	“Her öğrenci özeldir; bireysel farklılıklar göz önünde alınarak öğrenme modelleri geliştirilmeli.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Her öğrencinin farklı öğrenme stiline uygun materyaller oluşturmalıyız.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Öğretim programlarının kişiselleştirilebilir olması, başarıyı artırır.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Gelecekte öğrencilere özel müfredatlar geliştirilecek.” – Öğretim Üyesi Taylan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“İleri düzey yapay zekâ yazılımları öğrencinin bireysel özelliklerine göre içerik sunacak.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Her geçen gün değişen öğrenci özelliklerine göre içerik uyarlamak kaçınılmaz olacak.” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin bireyselleştirilmiş öğrenme süreçlerini yönetebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır.

4.1.3.2 Proje Tabanlı ve Deneysel Öğrenmeyi Teşvik Etme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin proje tabanlı ve deneysel öğrenmeyi teşvik etme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.11'deki şekildedir:

Çizelge 4.11 Proje Tabanlı ve Deneysel Öğrenmeyi Teşvik Etme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Öğrenci Merkezli Öğretim	Proje tabanlı ve deneysel öğrenme	“Fen bilimleri öğretimi, deneysel öğrenmeye dayalı aktif katılımı gerektirir.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Fen bilimleri dersinde deney ve gözlem yaparak eleştirel düşünme becerilerini geliştirmeliyiz.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Fen bilimleri öğretimi, laboratuvar deneylerini simülasyonlarla desteklemek zorundadır.” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)
		“Fen bilimleri öğretiminde deneyimsel öğrenme ile öğrenciler keşfederek öğrenir.” – Öğretim Üyesi Can (Fen Eğitimi)
		“Sanal laboratuvarlar öğrencilerin keşif yapmasını destekler.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)
		“Projelerle öğrenme öğrencinin ilgisini artırır, özellikle STEM uygulamalarıyla.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)

4.1.3.3 Öğrencilerin Bireysel Öğrenme Hızlarına Göre Hareket Etmelerini Sağlayabilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin öğrencilerin

bireysel öğrenme hızlarına göre eğitim sürecini yönlendirebilme yeterliğine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.12’deki şekildedir:

Çizelge 4.12 Öğrencilerin Bireysel Öğrenme Hızlarına Göre Hareket Etmelerini Sağlayabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Öğrenci Merkezli Öğretim	Öğrenme hızına uygun ilerleme	“Her öğrencinin bireysel özelliklerine göre ilerlemesi için özelleştirilmiş planlar yapılmalı.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Öğrenci bir soru sorduğunda direkt cevap yerine cevabı bulmaya yönlendirmeliyiz.” – Öğretmen Cem (Fen Eğitimi)
		“Öğrencinin gelişimini takip eden sistemler eğitimde kullanılmalı.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Öğretmen öğrencinin hızına göre öğretimi uyarlayabilmeli.” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)
		“Yapay zekâ her öğrencinin öğrenme stiline göre yönlendirme yapabilecek.” – Öğretim Üyesi Derya (Fen Eğitimi)
		“Bireyselleştirilmiş eğitim başarıyı artırır, her öğrencinin güçlü yönüne göre içerik geliştirilmeli.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)

4.1.3.4 Eleştirel Düşünme ve Sorgulama Becerilerini Geliştirebilme

Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.13’teki şekildedir:

Çizelge 4.13 Eleştirel Düşünme ve Sorgulama Becerilerini Geliştirebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Öğrenci Merkezli Öğretim	Eleştirel düşünme ve sorgulama	“Fen bilimleri öğretimi, öğrencileri bilimsel araştırmaları sorgulamaya teşvik etmeli.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Öğrencileri sahte bilimsel iddialara karşı eleştirel düşünen bireyler olarak yetiştirmeliyiz.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Eleştirel düşünme becerileri ve şüphecilik, bilim eğitiminde en temel değerdir.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Fen bilimlerinde sorgulamayı teşvik eden öğretim yöntemleri kullanılmalı.” – Öğretim Üyesi Can (Fen Eğitimi)
		“Öğrenciler, sosyal medyada karşılaştıkları yanlış bilgilere karşı eleştirel düşünebilmeli.” – Öğretim Üyesi Merve (Fen Eğitimi)
		“Eleştirel düşünme öğretmen tarafından da modellenmelidir.” – Öğretmen Cem (Fen Eğitimi)

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin öğrencilerin eleştirel düşünme ve sorgulama becerilerini geliştirebilmeleri adına gerekli yeterliklere sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır.

4.1.3.5 Bilim Okuryazarlığı Becerisi Kazandırabilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin öğrencilere bilim okuryazarlığı kazandırabilme yeterliğine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.14'teki şekildedir:

Çizelge 4.14 Bilim Okuryazarlığı Becerisi Kazandırabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Öğrenci Merkezli Öğretim	Bilim okuryazarlığı kazandırma	“Öğrencileri, bilimsel araştırmaları sorgulamaya ve veriye dayalı düşünmeye teşvik etmeliyiz.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Fen bilimleri öğretimi, deneysel öğrenmeye dayalı aktif katılımı gerektirir.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Bilimsel süreç becerileri, fen okuryazarlığının temelini oluşturur.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Fen öğretmenleri, öğrencileri araştırma yapmaya teşvik etmelidir.” – Öğretim Üyesi Can (Fen Eğitimi)
		“Fen bilimleri öğretiminde gözlem, çıkarım, tahmin gibi beceriler öğretilmeli.” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)
		“Bilimsel düşünceyi ve deney temelli öğrenmeyi merkeze alan yaklaşımlar benimsenmelidir.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)

4.1.4 Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik

Bu tema, fen bilimleri öğretmenlerinin etik ilkelere bağlı kalarak çevresel, kültürel ve bilimsel değerleri öğrencilere kazandırma yeterliklerini kapsamaktadır. *Bilimsel etik farkındalığı, kültürel/kültürlerarası farkındalık sahibi olma, bilimsel olmayan bilgiyi fark etme, çevre bilinci ve dijital araçları kullanmada etik unsurlar* kodlarından oluşmaktadır.

4.1.4.1 Bilimsel Etik Farkındalığı

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin bilimsel etik ilkeleri benimseme ve uygulama konusundaki yeterliklere sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.15'teki şekildedir:

Çizelge 4.15 Bilimsel Etik Farkındalığı Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	Bilimsel etik farkındalığı	“Fen bilimleri öğretmenleri, öğrencilere bilimsel deneyler ve buluşlarla birlikte etik değerleri öğretmelidir.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Bilimsel dürüstlük, fen öğretmenlerinin en önemli değerlerinden biridir.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Fen bilimleri öğretiminde bilgiye ulaşmanın yanı sıra etik değerler de öğretilmelidir.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Bilgi üretirken akademik dürüstlük temel olmalıdır.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Öğrenciler bilimsel araştırmalarda kaynakça, alıntı gibi kurallara dikkat etmelidir.” – Öğretim Üyesi Defne (Fen Eğitimi)
		“Etik dışı davranışları modelleyen öğretmenler, öğrencilerin değer dünyasını olumsuz etkiler.” – Öğretim Üyesi Ece (Fen Eğitimi)

4.1.4.2 Kültürel / Kültürlerarası Farkındalık Sahibi Olma

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin kültürel ve kültürlerarası farkındalık bilincine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.16'daki şekildedir:

Çizelge 4.16 Kültürel / Kültürlerarası Farkındalık Sahibi Olma Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	Kültürlerarası farkındalık	“Çok kültürlü ve kapsayıcı bir eğitim modeli benimsenecektir.” – Öğretmen Sude (STEAM Eğitimi)
		“Öğrenciler farklı coğrafyalardan ve kültürlerden gelse bile ortak değerler etrafında buluşabilmelidir.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi)
		“Öğretmenlerin farklı kültürlerle çalışma yetkinlikleri artmalıdır.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Öğrenciler, kendi kültürlerini öğrenirken başkalarınınkine de saygı duymayı öğrenmelidir.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Farklı sosyo-kültürel yapılardan gelen öğrenciler için empatik yaklaşımlar geliştirilmelidir.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Kültürlerin çok hızlı değişmesiyle öğretmenlikte insaniyet çok önemli hale gelecek.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)

4.1.4.3 Bilimsel Olmayan Bilgiyi Fark Etme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin bilimsel geçerliliği olmayan bilgileri ayırt edebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.17’deki şekildedir:

Çizelge 4.17 Bilimsel Olmayan Bilgiyi Fark Etme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	Bilimsel olmayan bilgiyi fark etme	“Sanal dünyada yayılan bilimsel olmayan bilgileri analiz etmeyi öğretmeliyiz.” – Öğretim Üyesi Derya (Fen Eğitimi)
		“Gelecekte öğrenciler sahte bilimsel iddiaları nasıl ayırt edeceklerini öğrenmeli.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Öğrencileri, bilgi kirliliğine karşı bilinçlendirmeliyiz.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Öğretmenler, sosyal medyada dolaşan yanlış bilgileri çürütecek donanıma sahip olmalıdır.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Eleştirel düşünme becerileri ve şüphecilik bilim eğitiminde en temel değerdir.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Bilimsel olmayan yönlendirmelere karşı öğrenciler sorgulayıcı bireyler olmalıdır.” – Öğretim Üyesi Can (Fen Eğitimi)

4.1.4.4 Çevre Bilinci

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin çevreye duyarlılık ve sürdürülebilirlik bilinci kazandırabilme yeterliklerine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.18'deki şekildedir:

Çizelge 4.18 Çevre Bilinci Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	Çevre bilinci	“Doğayı ihmal etmemek lazım. Mevcut kaynaklarımızı koruyacak öğretmenlere ihtiyacımız var.” – Öğretim Üyesi Emre (Fen Eğitimi)
		“İklim değişikliği ve enerji kaynakları fen bilimleri müfredatına entegre edilmeli.” – Öğretim Üyesi Derya (Fen Eğitimi)
		“Fen bilimlerinde çevreye duyarlı projeler üretmek öğretmen sorumluluğudur.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Sürdürülebilirlik odaklı ders içerikleri yaygınlaştırılmalı.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Çevre sorunlarına duyarlılık, fen öğretmenlerinin önceliği olmalıdır.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“İklim krizine karşı bilinçli nesiller yetiştirmek, öğretmenlerin sorumluluğudur.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)

4.1.4.5 Dijital Araçları Kullanmada Etik Unsurlar

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin dijital araçları etik bir şekilde kullanabilme yeterliklerine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.19'daki şekildedir:

Cizelge 4.19 Dijital Araçları Kullanmada Etik Unsurlar Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	Dijital araçlarda etik	“Özel hayatına saygı duymak, kişisel verileri ihlal etmemek gerekiyor.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Etik dışı davranışları modelleyen öğretmenler, öğrencilerin değer dünyasını olumsuz etkiler.” – Öğretim Üyesi Ece (Fen Eğitimi)
		“Yapay zekâ kullanımında etik sınırlar iyi tanımlanmalı.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Dijital ortamda öğrencilerin verileri korunmalı, öğretmen bu konuda bilinçli olmalı.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Biyoteknoloji ve veri analizi gibi alanlarda öğretmenlerin etik ilkeleri göz önünde bulundurması gerekir.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Veri paylaşımı ve öğrenci gizliliği ihlal edilmemelidir.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)

4.1.5 Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama

Bu tema, fen bilimleri öğretmenlerinin küresel gelişmeler ve sosyal değişimlere duyarlı, kapsayıcı ve esnek öğretim yaklaşımlarına sahip olma yeterliklerini kapsamaktadır. *Kültürel değerlere duyarlı eğitim verebilme, küresel kriz ve olayların etkisini en hafife indirgeyebilme, sosyal adalet ve eşitliğe önem verme ve sosyal medyanın etkilerini yönetebilme* kodlarından oluşmaktadır.

4.1.5.1 Kültürel Değerlere Duyarlı Eğitim Verebilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin kültürel değerlere saygılı, kapsayıcı ve kültürel çeşitliliği dikkate alan öğretim anlayışına sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri şu şekildedir:

Çizelge 4.20 Kültürel Değerlere Duyarlı Eğitim Verebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Küresel ve Sosyal Değişime Uyum	Kültürel değerlere duyarlılık	“Farklı kültürlerden gelen öğrencileri kapsayıcı bir ortamda buluşturmalıyız.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi) “Çok kültürlü sınıflarda öğretmenler empati kurarak iletişim kurmalıdır.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi) “Kültürlerin değişimiyle öğretmenlik yeniden tanımlanmalı.” – Öğretmen Sude (STEAM Eğitimi) “Küresel göçler öğretmenleri çok kültürlü sınıflara hazırlamalı.” – Öğretim Üyesi Derya (Fen Eğitimi) “Kapsayıcı eğitim anlayışı, öğrenciler arasında empati geliştirmeyi sağlar.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi) “Kültürel farklılıklara karşı saygı eğitimin bir parçası olmalı.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)

4.1.5.2 Küresel Kriz ve Olayların Etkisini En Hafife İndirgeyebilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin küresel krizler ve olayların etkilerini öğrencilerin gelişimi üzerinde en aza indirgeyebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.21’deki şekildedir:

Çizelge 4.21 Küresel Kriz ve Olayların Etkisini En Hafife İndirgeyebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Küresel ve Sosyal Değişime Uyum	Kriz anlarında süreklilik	“2061 yılında savaşlar çıkabilir, haritalar değişebilir, pandemi yaşanabilir...” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi) “Pandemi bize gösterdi ki uzaktan eğitimi yönetebilen öğretmen çok değerlidir.” – Öğretim Üyesi Merve (Fen Eğitimi) “COVID-19’dan öğrenilen en önemli şey, eğitimin durmaması gerektiğidir.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi) “Küresel krizlerde öğretmenlerin esnek ve hazırlıklı olması gerekir.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi) “Eğitim sistemleri krizlere karşı dayanıklı hâle getirilmeli.” – Öğretim Üyesi Tuna (Fen Eğitimi) “Kriz dönemlerinde çevrim içi eğitimi hızlıca devreye sokmak gerekiyor.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)

4.1.5.3 Sosyal Adalet ve Eşitliğe Önem Verme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin eğitim ortamlarında sosyal adaleti ve eşitliği sağlamaya yönelik yeterliklere sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.22'deki şekildedir:

Çizelge 4.22 Sosyal Adalet ve Eşitliğe Önem Verme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Küresel ve Sosyal Değişime Uyum	Sosyal adalet ve eşitlik	“Teknolojik imkânlara erişimi olmayan öğrenciler dijital dönüşümde geride kalabilir.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Uzaktan eğitimde bazı öğrenciler katılım sağlayamıyor; bu eşitsizlikleri telafi edecek stratejiler olmalı.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Öğretmenler fırsat eşitliği ilkesini gözeterek her öğrenciye ulaşmalı.” – Öğretim Üyesi Emre (Fen Eğitimi)
		“Eğitimde eşitlik kavramı artık yalnızca fiziksel değil dijital erişimi de kapsıyor.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Eğitimde adalet, her öğrencinin potansiyelini gerçekleştirmesi için fırsat sunmaktır.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Öğretmenler, eğitimdeki sosyo-ekonomik uçurumları gözetmeli.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)

4.1.5.4 Sosyal Medyanın Etkilerini Yönetebilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sosyal medyanın öğrenciler üzerindeki etkilerini analiz edebilme ve bu etkileri olumlu yönde yönlendirebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.23'teki şekildedir:

Çizelge 4.23 Sosyal Medyanın Etkilerini Yönetebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Küresel ve Sosyal Değişime Uyum	Sosyal medya ve dijital etik	“Sosyal medya ve sanal dünyadaki bireyselleşme, öğrencilerin sosyalleşme becerilerini etkiliyor.” – Öğretim Üyesi Merve (Fen Eğitimi)
		“Sanal ortamda yayılan yalan haber ve yanlış bilgilerle baş etme becerisi kazandırılmalı.” – Öğretim Üyesi Derya (Fen Eğitimi)
		“Sosyal medyadaki içeriklerin eleştirel değerlendirilmesi öğretilmeli.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Dijital dünyada çocuklar sahipsiz kalmamalı. Öğretmen dijital etik konusunda örnek olmalı.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Sosyal medya bağımlılığı, eğitim performansını etkiliyor. Öğrencilere dijital denge öğretisi verilmeli.” – Öğretmen Selim (Matematik Eğitimi)
		“Dijital platformlarda öğrencilerin kimlikleri korunmalı.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)

4.1.6 Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri

Bu tema, fen bilimleri öğretmenlerinin hem çevrim içi hem de yüz yüze öğretim ortamlarında etkili sınıf yönetimi gerçekleştirebilme yeterliklerini kapsamaktadır. *Senkron ve asenkron eğitim faaliyetlerinde sınıf yönetimi becerisi, senkron derslerde öğrenci etkileşimini teşvik edebilme, yüz yüze ve uzaktan eğitim faaliyetlerini yönetebilme ve senkron ve asenkron derslerde öğrenciyi güdüleyebilme* kodlarından oluşmaktadır.

4.1.6.1 Senkron ve Asenkron Eğitim Faaliyetlerinde Sınıf Yönetimi Becerisi

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin hem eş zamanlı (senkron) hem de eş zamansız (asenkron) dijital öğrenme ortamlarında sınıf yönetimini etkili şekilde gerçekleştirme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.24'teki şekildedir:

Çizelge 4.24 Senkron ve Asenkron Eğitim Faaliyetlerinde Sınıf Yönetimi Becerisi Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi	Dijital sınıf yönetimi	“Pandemi sonrası dijital araçlarla sınıf yönetimi değişti.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Hibrit öğretim pedagojide ve teknolojiye dönüşüm sağladı.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Online derslerde öğrencinin ilgisini çekecek stratejiler geliştirilmeli.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Uzaktan eğitimde öğrencileri derse katmak, sınıf yönetimini yeniden tanımladı.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Çevrim içi eğitimde dikkat dağınık unsurlar çok, yönetim becerisi yüksek olmalı.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Yeni iletişim stratejileri çevrim içi ortamda öğrenci etkileşimini artırır.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)

4.1.6.2 Senkron Derslerde Öğrenci Etkileşimini Teşvik Edebilme

Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.25’teki şekildedir:

Çizelge 4.25 Senkron Derslerde Öğrenci Etkileşimini Teşvik Edebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi	Senkron derslerde etkileşim	“Öğrenci ve öğretmen arasındaki iletişim teknolojik araçlarla da güçlenmeli.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Sanal sınıflarda öğrencilerin iletişimi, öğretmenin rehberliğinde anlam kazanır.” – Öğretmen Selim (Matematik Eğitimi)
		“Etkin çevrim içi iletişim için empatik yaklaşımlar gereklidir.” – Öğretmen Sude (STEAM Eğitimi)
		“Senkron derslerde öğrencinin duygusal durumunu anlayabilmek etkileşimi artırır.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi)
		“Yeni nesil öğretmenlerin dijital platformlarda samimi iletişim kurması önemlidir.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Yüz yüze iletişim kadar dijital ortamda da öğrenciyle bağ kurmak gereklidir.” – Öğretim Üyesi Tuna (Fen Eğitimi)

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin canlı çevrim içi derslerde öğrencilerin aktif katılımını sağlayabilecek etkileşim stratejilerini kullanma becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır.

4.1.6.3 Yüz Yüze ve Uzaktan Eğitim Faaliyetlerini Yönetebilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin hem geleneksel sınıf ortamlarını hem de dijital öğrenme platformlarını etkin şekilde yönetme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.26'daki şekildedir:

Çizelge 4.26 Yüz Yüze ve Uzaktan Eğitim Faaliyetlerini Yönetebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi	Yüz yüze ve uzaktan eğitimi entegre etme	“Hibrit öğretim pedagojide ve iletişimde büyük dönüşümler sağladı.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Pandemi ile birlikte fiziksel ve uzaktan öğretim bir arada yürütülmeye başlandı.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Öğretmenler uzaktan eğitim sürecini etkili şekilde yürütebilmelidir.” – Öğretim Üyesi Merve (Fen Eğitimi)
		“Gelecekte eğitim mekânla sınırlı olmaktan çıkacak, öğretmenler her ortama uyum sağlamalı.” – Öğretim Üyesi Tuna (Fen Eğitimi)
		“Sanal sınıflar yüz yüze sınıfların alternatifi değil, tamamlayıcısı olacak.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Eğitimde dijital dönüşüm sadece araç değil, yaklaşım değişikliği de gerektirir.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)

4.1.6.4 Senkron ve Asenkron Derslerde Öğrenciyi Güdüleyebilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin farklı öğrenme ortamlarında öğrencilerin öğrenme motivasyonlarını sürdürebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.27'deki şekildedir:

Çizelge 4.27 Senkron ve Asenkron Derslerde Öğrenciyi Güdüleyebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi	Öğrenciyi çevrim içi derslerde güdüleyebilme	“Online derslerde öğrencinin dikkatini çekmek çok daha zor. Yeni yöntemler geliştirmek gerekiyor.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Öğrencilerin ilgisini çeken uygulamalar (oyunlaştırma vb.) kullanılmalı.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Senkron derslerde öğrencinin aktif kalması için içerik sürekli değişmeli.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)
		“Asenkron derslerde motivasyonu sürdürecektir geri bildirim sistemleri geliştirilmeli.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Çevrimiçi eğitimde öğretmenin heyecanı ve enerjisi bile öğrenci motivasyonunu etkiler.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Uzaktan eğitimde monotonluk öğrenci ilgisini dağıtıyor. Etkileşimli içerikler bu süreci dengeler.” – Öğretim Üyesi Bora (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)

4.1.7 Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği

Bu tema, fen bilimleri öğretmenlerinin dijital teknolojileri kullanarak öğrencilerin gelişimini izleme ve değerlendirme süreçlerini etkili biçimde yönetebilme yeterliklerini kapsamaktadır. *Ölçme değerlendirmede dijital araçlardan yararlanabilme, öğrencilerin gelişimlerini takip etmede dijital araçları işe koşturabilme ve üst düzey düşünme becerisini ölçmeye dönük teknolojilerden yararlanabilme* kodlarından oluşmaktadır.

4.1.7.1 Ölçme Değerlendirmede Dijital Araçlardan Yararlanabilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin ölçme ve değerlendirme süreçlerinde dijital araçlardan etkin bir şekilde yararlanabilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.28’deki şekildedir:

Çizelge 4.28 Ölçme Değerlendirmede Dijital Araçlardan Yararlanabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği	Dijital ölçme araçları ve geri bildirim	“Dijital araçlarla anlık geri bildirim öğrencinin motivasyonunu artırır.” – Öğretim Üyesi Can (Fen Eğitimi)
		“Yapay zekâ destekli değerlendirme sistemleri objektif sonuçlar sunar.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Ölçme değerlendirme yalnızca puan değil, öğrenme sürecine yön verme aracı olarak da kullanılmalıdır.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Sınavlardan çok süreç odaklı ölçme sistemleri kullanılmalı.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)
		“Performans ödevleri dijital sistemlerde izlenebilir hale gelmeli.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Öğrencinin yaptığı hatalar üzerinden anında düzeltici geri bildirim verilmeli.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)

4.1.7.2 Öğrencilerin Gelişimlerini Takip Etmede Dijital Araçları İşe Koşabilme

Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.29’deki şekildedir:

Çizelge 4.29 Öğrencilerin Gelişimlerini Takip Etmede Dijital Araçları İşe Koşabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği	Gelişimin dijital takibi	“Dijital portfolyolarla öğrenci gelişimi izlenebilir.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi)
		“Öğrenci başarı trendleri yapay zekâ ile analiz edilip öğretmene sunulmalı.” – Öğretmen Serkan (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Veriye dayalı ölçme, öğretmene rehberlik etmelidir.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Gelişim sürecini gözlemlemek öğretim sürecine yön verir.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Yıl sonu yerine süreç değerlendirmesi yapılmalı.” – Öğretim Üyesi Tuna (Fen Eğitimi)
		“Öğrenci performansındaki gelişmeleri takip eden sistemler rehberlik sağlar.” – Öğretim Üyesi Mert (Fütürizm)

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin öğrencilerin akademik gelişim süreçlerini izlemek amacıyla dijital takip sistemlerini kullanabilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır.

4.1.7.3 Üst Düzey Düşünme Becerisini Ölçmeye Dönük Teknolojilerden Yararlanabilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcı düşünme gibi üst düzey bilişsel becerileri değerlendirmeye yönelik dijital teknolojileri kullanabilme yeterliğine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.30'daki şekildedir:

Çizelge 4.30 Üst Düzey Düşünme Becerisini Ölçmeye Dönük Teknolojilerden Yararlanabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği	Üst düzey düşünme becerilerinin ölçümü	“Eleştirel düşünme sadece öğretilmemeli, ölçülmelidir de.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)
		“Yaratıcılığı ve eleştirel düşünceyi değerlendiren dijital araçlar geliştirilmeli.” – Öğretim Üyesi Can (Fen Eğitimi)
		“Performansa dayalı değerlendirme modelleri uygulanmalı.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)
		“Sınav soruları ezber değil, analiz ve sentez düzeyinde olmalı.” – Öğretim Üyesi Zehra (Sosyal Bilgiler Eğitimi)
		“Problem çözme süreçlerini değerlendiren yazılımlar öğretmenleri destekler.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Eleştirel düşünceyi ölçen dijital oyunlar, simülasyonlar değerlendirme aracı olabilir.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)

4.1.8 Teknoloji Kullanım Yeterliliği

Bu tema, fen bilimleri öğretmenlerinin mesleki gelişimlerini sürdürebilme, meslektaşlarıyla iş birliği yapabilme ve değişen öğrenci ihtiyaçlarına uyum sağlayabilme yeterliklerini kapsamaktadır. *Dijital araçları etkili kullanarak alanındaki gelişmeleri takip edebilme, dijital araçlardan yararlanarak ya da mesleki faaliyetleri ile meslektaşlarıyla iş birliği yapabilme ve her geçen gün değişen öğrenci özellik ve gereksinimlerini dikkate alarak yeni yöntem ve yaklaşımları kullanabilme* kodlarından oluşmaktadır.

4.1.8.1 Dijital Araçları Etkili Kullanarak Alanındaki Gelişmeleri Takip Edebilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin dijital kaynakları kullanarak bilimsel ve pedagojik alandaki yenilikleri takip edebilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.31'deki şekildedir:

Çizelge 4.31 Dijital Araçları Etkili Kullanarak Alanındaki Gelişmeleri Takip Edebilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim	Alan gelişmelerini dijital araçlarla izleme	“Öğretmen, alanını güncel tutmalı, yeni teknolojileri yakından takip etmeli.” – Öğretmen Selim (Matematik Eğitimi)
		“Okumamız gerekiyor. Beşikten mezara kadar oku demişler. Yenilikleri takip edeceğiz.” – Öğretmen Selim (Matematik Eğitimi)
		“Fen bilimleri öğretmenleri sürekli gelişen bilim ve teknolojiye ayak uydurmalı.” – Öğretmen Cem (Fen Eğitimi)
		“Güncel makaleleri ve akademik çalışmaları takip etmek öğretmen için temel görevdir.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi)
		“Yapay zekâ çağında, öğretmen teknolojiyi anlamalı ve kullanmalı.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Bilimsel gelişmeleri izlemeyen öğretmenler geri kalacaktır.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)

4.1.8.2 Dijital Araçlardan Yararlanarak ya da Mesleki Faaliyetleri ile Meslektaşlarıyla İş Birliği Yapabilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin mesleki gelişimlerini sürdürürken dijital ortamlar üzerinden meslektaşlarıyla etkili iş birlikleri kurabilme becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.32’deki şekildedir:

Çizelge 4.32 Dijital Araçlardan Yararlanarak ya da Mesleki Faaliyetleri ile Meslektaşlarıyla İş Birliği Yapabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim	Mesleki iş birliği ve dijital etkileşim	“Mesleki gelişimi yalnızca bireysel kurslarla sınırlı tutmamalı, okul içi çalışma grupları da kurulmalı.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Öğretmenler öğrenme topluluklarına katılarak kendilerini geliştirmeli.” – Öğretim Üyesi Elif (Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi)
		“Kişisel gelişim mesleki gelişime yansır. Öğretmenler sürekli gelişim içinde olmalı.” – Öğretim Üyesi Lina (Sınıf Eğitimi)
		“Meslektaşlarıyla iş birliği yapabilen öğretmenler daha etkili olur.” – Öğretmen Tufan (Fen Eğitimi)
		“Öğretmenler meslektaşlarından geri bildirim alarak kendilerini yenileyebilir.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi)
		“Konferans, seminer, atölye gibi alanlarda birlikte öğrenme desteklenmeli.” – Öğretim Üyesi Baran (STEAM Eğitimi)

4.1.8.3 Her Geçen Gün Değişen Öğrenci Özellik ve Gereksinimlerini Dikkate Alarak Yeni Yöntem ve Yaklaşımları Kullanabilme

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklere ilişkin uzman görüşleri incelendiğinde, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin öğrencilerin değişen özellikleri ve ihtiyaçlarına uygun öğretim yöntemleri geliştirme ve uygulama becerisine sahip olmalarının önemi uzmanlar tarafından sıklıkla vurgulanmıştır. Bu yeterliğe ilişkin uzman görüşleri Çizelge 4.33 şekildedir:

Çizelge 4.33 Her Geçen Gün Değişen Öğrenci Özellik ve Gereksinimlerini Dikkate Alarak Yeni Yöntem ve Yaklaşımları Kullanabilme Koduna İlişkin Bazı Görüşler

Tema	Kod	Alıntı (Katılımcı ve İfade)
Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim	Öğrenciye uygun pedagojik yenilikler	“Yeni nesil öğretmenlerin teknoloji kullanımı ve pedagojik anlayışı farklı olmalı.” – Öğretmen Aylin (Fen Eğitimi)
		“Öğretmen, öğrencinin ihtiyaçlarına göre öğretim modelini esnekleştirmeli.” – Öğretmen Kerem (Fen Eğitimi)
		“Değişen öğrenci profiline uygun yenilikçi yöntemler uygulanmalı.” – Öğretmen Cem (Fen Eğitimi)
		“Fen bilimleri öğretmenleri her geçen gün değişen nesli anlayabilecek donanımına sahip olmalı.” – Öğretim Üyesi Emre (Fen Eğitimi)
		“Öğrencilerin bireysel farklılıklarına duyarlı yöntemler geliştirilmeli.” – Öğretmen Sude (STEAM Eğitimi)
		“Yeni öğretim yöntemlerini bilmeyen öğretmen çağın gerisinde kalır.” – Öğretim Üyesi Burak (Eğitim Programları ve Öğretim)

4.2 Birinci Delphi Turu Sonucunda Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Bu bölümde, araştırmanın birinci Delphi turu sürecinde uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenen ve 2061 yılına yönelik fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterlik alanlarını temsil eden maddelere yer verilmiştir. Delphi tekniği, farklı uzmanlık alanlarından katılımcıların düşünce birlikteliğine ulaşılmasını sağlayan nitel bir araştırma yöntemidir. Bu doğrultuda, eğitim teknolojileri, disiplinler arası yaklaşımlar, etik ve değerler eğitimi, sınıf yönetimi, ölçme ve değerlendirme gibi çok boyutlu alanları kapsayan 8 tema altında toplam 33 yeterlik maddesi tanımlanmıştır.

Yeterlik maddeleri, geleceğin eğitim ortamlarına uyum sağlayabilecek öğretmen profiline yönelik olarak yapılandırılmış; teknolojik gelişmeler, toplumsal değişimler ve öğrencilerin bireysel ihtiyaçları göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Her bir yeterlik maddesi hem bireysel öğretmen niteliğinin artırılmasını hem de sürdürülebilir ve yenilikçi bir eğitim sistemine katkı sunmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda elde edilen bulgular, gelecekteki öğretmen yeterliklerinin şekillendirilmesi, öğretmen yetiştirme programlarının güncellenmesi ve eğitim politikalarının geliştirilmesi açısından önemli ipuçları sunmaktadır. Aşağıda yer alan tabloda, her bir yeterlik maddesi ait olduğu temayla birlikte sunularak okuyucuya sistematik ve tematik bir bakış açısı kazandırılması hedeflenmiştir.

Çizelge 4.34 Birinci Delphi Turu Sonucunda Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

TEMA	YETERLİK MADDESİ
Teknoloji Kullanım Yeterliliği	Yapay zekâ destekli öğretim sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve holografik ders materyalleri ile çalışabilmeli.
	STEM ve bilimsel araştırmalar için temel programlama ve büyük veri analizi becerilerine sahip olmalı.
	Derslerini özelleştirilmiş dijital materyallerle zenginleştirebilmeli.
	Öğrenci verilerini koruma konusunda bilinçli olmalı.
Disiplinler Arası Çalışma Becerisi	Yüz yüze ve çevrimiçi eğitimi entegre edebilmeli.
	Fizik, biyoloji, kimya, mühendislik, yapay zekâ, biyoteknoloji ve çevre bilimleriyle bağlantılar kurabilmeli.
	Bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematikle birlikte sosyal bilimleri de içeren projeler tasarlayabilmeli.
	Öğrencileri çevresel, teknolojik ve toplumsal sorunlara çözüm üretmeye teşvik edebilmeli.
Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik	Veri bilimi, robotik, kuantum teknolojileri gibi alanlara öğrencileri yönlendirebilmeli.
	Öğrencinin öğrenme hızına ve ilgi alanlarına göre özelleştirilmiş eğitim planları oluşturabilmeli.
	Öğrencilerin bilimsel keşifler yapmasını sağlayan aktif öğrenme ortamları oluşturabilmeli.
	Bilgiyi ezberletmek yerine, öğrencinin kendi öğrenme sürecini yönetmesine yardımcı olmalı.
Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	Öğrencileri sahte bilimsel iddialara ve bilgi kirliliğine karşı bilinçlendirebilmeli.
	Öğrencilere bilimsel araştırma yapmayı ve veriye dayalı düşünmeyi öğretmeli.
	Bilgi üretme ve paylaşma süreçlerinde akademik dürüstlük ilkelerini benimsemeli.
	Öğrencilere farklı kültürel ve toplumsal bakış açılarını anlamaları konusunda rehberlik edebilmeli.
Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama	Bilimsel bilgiye dayanmayan yanlış yönlendirmeler karşısında öğrencileri bilinçlendirebilmeli.
	Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve doğal kaynakların korunması konularında öğrencileri bilinçlendirmeli.
	Yapay zekâ, veri analizi ve biyoteknoloji gibi alanlarda etik kurallara uygun hareket etmeli.
	Göç ve küreselleşmenin getirdiği farklı kültürel geçmişlerden gelen öğrencileri kapsayıcı bir eğitim ortamında buluşturabilmeli.
Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri	Pandemi, savaş, doğal afetler gibi durumlarda eğitimin sürekliliğini sağlayacak stratejilere hâkim olmalı.
	Eğitime erişimde fırsat eşitliği sağlayacak yaklaşımlar geliştirebilmeli.
	Öğrencilerin bilgiye erişimi ve dijital etik konularında bilinçlenmelerine yardımcı olmalı.
	Online derslerde öğrenci katılımını artıracak stratejiler geliştirebilmeli.
Ölçme ve Değ. Yeterliliği	Çevrimiçi eğitimde öğrenci-öğretmen iletişimini güçlü tutabilmeli.
	Fiziksel ve dijital eğitim ortamlarını entegre edebilmeli.
	Uzaktan eğitimde öğrencileri aktif öğrenmeye teşvik eden yöntemler geliştirebilmeli.
	Öğrencilere bireyselleştirilmiş geri bildirim verebilmeli.
Yaşam Boyu Öğr. ve Mesleki Gelişim	Öğrencinin gelişimini veri analizleriyle takip edebilmeli.
	Problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini değerlendirecek yöntemler geliştirebilmeli.
	Bilimsel gelişmeleri ve eğitim teknolojilerini sürekli öğrenerek derslerine entegre edebilmeli.
	Öğrenme topluluklarına katılarak mesleki gelişimini sürekli kılabilirmeli.
	Değişen öğrenci profillerine uygun pedagojik yaklaşımlar geliştirebilmeli.

4.3 İkinci Delphi Turu

Bu araştırmanın ikinci Delphi turunda, birinci turda öğretmen ve akademisyen uzman katılımcılarla yürütülen açık uçlu görüşmelerden içerik analizi yoluyla elde edilen yeterlik maddeleri temel alınarak “Delphi İkinci Tur Anketi” oluşturulmuştur. Anket formu, Google Forms platformu üzerinden çevrimiçi (online) olarak hazırlanmış ve birinci turda yer alan uzmanlarla e-posta yoluyla paylaşılmıştır.

Ankette, her bir yeterlik maddesinin 5’li Likert ölçeği çerçevesinde “1: Kesinlikle Katılmıyorum” ile “5: Kesinlikle Katılıyorum” aralığında değerlendirilmesi istenmiştir. Anket formu toplam 24 uzman katılımcıya iletilmiş, gerekli katılımın sağlanabilmesi için farklı zaman aralıklarında üç hatırlatma mesajı gönderilmiştir. Süreç sonunda 24 uzmanın tamamı ikinci Delphi turuna katılım sağlamıştır.

Elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin analizinde merkezi eğilim ölçütlerinden medyan (Mdn), değişkenlik ölçütlerinden çeyrekler arası genişlik (IQR) ve ± 1 standart sapma değerleri dikkate alınmıştır. Uzlaşma düzeyi; katılımcıların ilgili yeterlik maddelerine “Katılıyorum (4)” ve “Kesinlikle Katılıyorum (5)” düzeyinde verdikleri yanıtların yüzdesi ile belirlenmiştir. Bu doğrultuda, bir yeterlik maddesinin uzlaşmaya ulaşmış sayılabilmesi için uzlaşma oranının en az %80, medyan değerinin en az 4 ve çeyrekler arası genişlik değerinin en fazla 1 olması ($IQR \leq 1$) kriterleri esas alınmıştır.

İkinci tur sonunda elde edilen bulgular tablolarla sunulmuş ve sayısal veriler ışığında yorumlanmıştır.

4.3.1 Teknoloji Kullanım Yeterliliği

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşıması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülen Delphi araştırmasının ikinci turunda, “Teknoloji Kullanım Yeterliliği” teması kapsamındaki beş yeterlik maddesi uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Uzmanların bu yeterlik maddelerine vermiş oldukları yanıtların analizine ilişkin bulgular Çizelge 4.35’te sunulmuştur.

Çizelge 4.35 İkinci Delphi Turu Sonucunda Teknoloji Kullanım Yeterliliği Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Madde No	Yeterlik Maddesi	Medyan	Std. Sp.	Q1	Q3	IQR	Uzlaşma Yüzdesi	Uzlaşma +	Uzlaşma -
M1	Yapay zekâ destekli öğretim sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve holografik ders materyalleri ile çalışabilmeli.	5,00	0,588	4,00	5,00	1,00	95,8	✓	
M2	STEM ve bilimsel araştırmalar için temel programlama ve büyük veri analizi becerilerine sahip olmalı.	4,50	0,711	4,00	5,00	1,00	87,5	✓	
M3	Derslerini özelleştirilmiş dijital materyallerle zenginleştirebilmeli.	4,50	0,511	4,00	5,00	1,00	100	✓	
M4	Öğrenci verilerini koruma konusunda bilinçli olmalı.	5,00	0,624	5,00	5,00	0,00	91,7	✓	
M5	Yüz yüze ve çevrimiçi eğitimi entegre edebilmeli.	5,00	0,780	4,00	5,00	1,00	91,7	✓	

Madde 1 (Yapay zekâ destekli öğretim sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve holografik ders materyalleri ile çalışabilmeli.):

Madde 1'e ilişkin veriler incelendiğinde, medyan değer 5,00 ve çeyrek değerler genişliğinin (IQR) 1,00 olduğu görülmektedir. Bu durum, uzmanlar arasında güçlü bir uzlaşıya işaret etmektedir. Standart sapma değeri 0,588 olup düşük seviyede bulunmuştur. Bu da görüşlerin birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Ayrıca, uzlaşma yüzdesi %95,8 olarak gerçekleşmiş ve belirlenen ölçütleri karşılamıştır. Tüm bu bulgular, uzmanların “Madde 1” (Yapay zekâ destekli öğretim sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve holografik ders materyalleri ile çalışabilmeli.) üzerinde yüksek düzeyde uzlaşma sağladığını ortaya koymaktadır.

Madde 2 (STEM ve bilimsel araştırmalar için temel programlama ve büyük veri analizi becerilerine sahip olmalı.): Madde 2 için medyan değeri 4,50 olarak hesaplanmıştır. Çeyrek değerler genişliği (IQR) 1,00 olup bu değer, uzman görüşlerinin

uzlaşsı sınırları içinde olduğunu göstermektedir. Standart sapma değeri 0,711 ile orta düzeydedir. Uzlaşma yüzdesi %87,5 olarak tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, uzmanların “Madde 2” (STEM ve bilimsel araştırmalar için temel programlama ve büyük veri analizi becerilerine sahip olmalı.) ifadesi üzerinde uzlaşsıya vardıkları söylenebilir.

Madde 3 (Derslerini özelleştirilmiş dijital materyallerle zenginleştirebilmeli.):

Madde 3’e ilişkin medyan değeri 4,50 olup, çeyrek değerler genişliği (IQR) 1,00’dır. Bu değeri uzlaşsı olduğunu göstermektedir. Standart sapmanın 0,511 gibi oldukça düşük bir değerde bulunması, uzmanların görüşlerinde yüksek oranda benzerlik olduğunu ifade etmektedir. Uzlaşma oranı %100’dür ve bu, tam bir fikir birliğine işaret etmektedir. Dolayısıyla, “Madde 3” (Derslerini özelleştirilmiş dijital materyallerle zenginleştirebilmeli.) ifadesi üzerinde tüm uzmanların oy birliğiyle uzlaşsığı görölmektedir.

Madde 4 (Öğrenci verilerini koruma konusunda bilinçli olmalı.):

Madde 4’ün medyan değeri 5,00 olarak belirlenmiştir. Çeyrek değerler genişliğinin (IQR) 0,00 olması, uzmanların görüşlerinin tamamıyla örtüştüğünü ve hiçbir farklılık olmadığını göstermektedir. Standart sapma değeri 0,624 olarak hesaplanmıştır. Uzlaşma yüzdesi ise %91,7 ile oldukça yüksek bir düzeydedir. Bu bulgular, “Madde 4” (Öğrenci verilerini koruma konusunda bilinçli olmalı.) üzerinde güçlü bir uzlaşmanın bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Madde 5 (Yüz yüze ve çevrimiçi eğitimi entegre edebilmeli.):

Madde 5’te medyan değerin 5,00 ve çeyrek değerler genişliğinin (IQR) 1,00 olduğu görölmektedir. Bu değerler, uzmanlar arasında genel bir uzlaşsıya işaret etmektedir. Standart sapma 0,780 olarak orta seviyede bulunmuştur. Uzlaşma oranı %91,7 ile yüksektir. Bu sonuçlara göre, “Madde 5” (Yüz yüze ve çevrimiçi eğitimi entegre edebilmeli.) konusunda uzmanların çoğunlukla uzlaşsı içinde olduğu istatistiki verilerden görölmektedir.

4.3.2 Disiplinler Arası Çalışma Becerisi

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşıması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülen Delphi araştırmasının ikinci turunda, “Disiplinler Arası Çalışma Becerisi” teması kapsamındaki dört yeterlik maddesi uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Uzmanların bu yeterlik maddelerine vermiş oldukları yanıtların analizine ilişkin bulgular Çizelge 4.36’da sunulmuştur.

Çizelge 4.36 İkinci Delphi Turu Sonucunda Disiplinler Arası Çalışma Becerisi Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Madde No	Yeterlik Maddesi	Medyan	Std. Sp.	Q1	Q3	IQR	Uzlaşma Yüzdesi	Uzlaşma +	Uzlaşma -
M6	Fizik, biyoloji, kimya, mühendislik, yapay zekâ, biyoteknoloji ve çevre bilimleriyle bağlantılar kurabilmeli.	5,00	0,442	4,25	5,00	0,75	100	✓	
M7	Bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematikle birlikte sosyal bilimleri de içeren projeler tasarlayabilmeli.	5,00	0,654	4,00	5,00	1,00	91,7	✓	
M8	Öğrencileri çevresel, teknolojik ve toplumsal sorunlara çözüm üretmeye teşvik edebilmeli.	5,00	0,415	5,00	5,00	0,00	100	✓	
M9	Veri bilimi, robotik, kuantum teknolojileri gibi alanlara öğrencileri yönlendirebilmeli.	5,00	0,776	4,00	5,00	1,00	83,3	✓	

Madde 6 (Fizik, biyoloji, kimya, mühendislik, yapay zekâ, biyoteknoloji ve çevre bilimleriyle bağlantılar kurabilmeli.): Madde 6’ya ilişkin veriler incelendiğinde medyan değer 5,00 olduğu ve çeyrek değerler genişliğinin (IQR) 0,75 olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu değer, uzmanların büyük ölçüde görüş birliği içinde olduklarını göstermektedir. Standart sapma değeri ise 0,442 olup oldukça düşüktür ve bu durum uzman görüşlerinin homojenliğini yansıtmaktadır. Uzlaşma yüzdesinin %100 olması, “Madde 6” (Fizik, biyoloji, kimya, mühendislik, yapay zekâ, biyoteknoloji ve

çevre bilimleriyle bağlantılar kurabilmeli.) ifadesi üzerinde tam uzlaşa sağlandığını ortaya koymaktadır.

Madde 7 (Bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematikle birlikte sosyal bilimleri de içeren projeler tasarlayabilmeli.): Madde 7 için medyan değeri 5,00, çeyrek değerler genişliği ise 1,00 olarak tespit edilmiştir. Bu değer, uzmanlar arasında genel bir uzlaşa olduğuna işaret etmektedir. Standart sapma değeri 0,654 ile orta düzeydedir. Uzlaşma yüzdesi %91,7 olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular doğrultusunda uzmanların “Madde 7” (Bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematikle birlikte sosyal bilimleri de içeren projeler tasarlayabilmeli.) ifadesi üzerinde büyük ölçüde fikir birliğine vardıkları görülmektedir.

Madde 8 (Öğrencileri çevresel, teknolojik ve toplumsal sorunlara çözüm üretmeye teşvik edebilmeli.): Madde 8’in medyan değeri 5,00 ve çeyrek değerler genişliği (IQR) 0,00 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, uzmanlar arasında tam bir uzlaşa olduğunu göstermektedir. Standart sapmanın 0,415 gibi düşük bir değerde bulunması da görüşlerin oldukça tutarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Uzlaşma oranı %100’dür. Bu bulgular ışığında, “Madde 8” (Öğrencileri çevresel, teknolojik ve toplumsal sorunlara çözüm üretmeye teşvik edebilmeli.) ifadesi üzerinde tam uzlaşa sağlandığı söylenebilir.

Madde 9 (Veri bilimi, robotik, kuantum teknolojileri gibi alanlara öğrencileri yönlendirebilmeli.): Madde 9’a ilişkin veriler incelendiğinde medyan değerin 5,00 ve çeyrek değerler genişliğinin 1,00 olduğu görülmektedir. Bu değer, uzlaşayı göstermektedir. Standart sapma değeri 0,776 ile orta düzeyde bulunmuştur. Uzlaşma oranı %83,3 olup uzmanların önemli bir çoğunluğunun “Madde 9” (Veri bilimi, robotik, kuantum teknolojileri gibi alanlara öğrencileri yönlendirebilmeli.) üzerinde uzlaştığını göstermektedir.

4.3.3 Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşınması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülen Delphi araştırmasının ikinci turunda, “Öğrenci Merkezli Öğretim ve

Rehberlik” teması kapsamındaki beş yeterlik maddesi uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Uzmanların bu yeterlik maddelerine vermiş oldukları yanıtların analizine ilişkin bulgular Çizelge 4.37’de sunulmuştur.

Çizelge 4.37 İkinci Delphi Turu Sonucunda Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Madde No	Yeterlik Maddesi	Medyan	Std. Sp.	Q1	Q3	IQR	Uzlaşma Yüzdesi	Uzlaş +	Uzlaş -
M10	Öğrencinin öğrenme hızına ve ilgi alanlarına göre özelleştirilmiş eğitim planları oluşturabilmeli.	5,00	0,658	4,00	5,00	1,00	91,7	✓	
M11	Öğrencilerin bilimsel keşifler yapmasını sağlayan aktif öğrenme ortamları oluşturabilmeli.	5,00	0,647	4,00	5,00	1,00	91,7	✓	
M12	Bilgiyi ezberletmek yerine, öğrencinin kendi öğrenme sürecini yönetmesine yardımcı olmalı.	5,00	0,576	4,00	5,00	1,00	95,8	✓	
M13	Öğrencileri sahte bilimsel iddialara ve bilgi kirliliğine karşı bilinçlendirebilmeli.	5,00	0,576	4,00	5,00	1,00	95,8	✓	
M14	Öğrencilere bilimsel araştırma yapmayı ve veriye dayalı düşünmeyi öğretmeli.	5,00	0,833	4,00	5,00	1,00	87,5	✓	

Madde 10 (Öğrencinin öğrenme hızına ve ilgi alanlarına göre özelleştirilmiş eğitim planları oluşturabilmeli.): Madde 10’a ilişkin bulgular incelendiğinde medyan değerin 5,00 olduğu ve çeyrek değerler genişliğinin (IQR) 1,00 olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu durum, uzmanlar arasında genel bir uzlaş olduğu göstermektedir. Standart sapma değeri 0,658 ile orta düzeyde bir görüş farklılığı olduğunu işaret etmektedir. Uzlaşma oranı %91,7 olarak belirlenmiştir. Tüm bu veriler, uzmanların “Madde 10” (Öğrencinin öğrenme hızına ve ilgi alanlarına göre özelleştirilmiş eğitim planları oluşturabilmeli.) ifadesi üzerinde büyük ölçüde görüş birliği sağladıklarını göstermektedir.

Madde 11 (Öğrencilerin bilimsel keşifler yapmasını sağlayan aktif öğrenme ortamları oluşturabilmeli.): Madde 11’in medyan değeri 5,00, çeyrek değerler genişliği ise 1,00’dır. Bu durum, uzmanların büyük çoğunluğunun ortak bir görüşe sahip olduğunu göstermektedir. Standart sapma değeri 0,647 olup görüşlerin genellikle birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Uzlaşma yüzdesi %91,7’dir. Bu veriler doğrultusunda, uzmanların “Madde 11” (Öğrencilerin bilimsel keşifler yapmasını sağlayan aktif öğrenme ortamları oluşturabilmeli.) ifadesi üzerinde genel uzlaşıya vardıkları söylenebilir.

Madde 12 (Bilgiyi ezberletmek yerine, öğrencinin kendi öğrenme sürecini yönetmesine yardımcı olmalı.): Madde 12 için hesaplanan medyan değeri 5,00, çeyrek değerler genişliği 1,00 ve standart sapma değeri 0,576’dır. Bu veriler, uzmanların büyük oranda aynı görüşte olduğunu ve dağılımın sınırlı olduğunu göstermektedir. Uzlaşma oranı %95,8’dir. Bu bağlamda, “Madde 12” (Bilgiyi ezberletmek yerine, öğrencinin kendi öğrenme sürecini yönetmesine yardımcı olmalı.) üzerinde uzmanların çok yüksek düzeyde uzlaşa sağladığı ifade edilebilir.

Madde 13 (Öğrencileri sahte bilimsel iddialara ve bilgi kirliliğine karşı bilinçlendirebilmeli.): Madde 13’ün medyan değeri 5,00, çeyrek değerler genişliği 1,00 ve standart sapma değeri 0,576 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, uzmanların benzer görüşlerde olduklarını ortaya koymaktadır. Uzlaşma oranı %95,8’dir. Sonuç olarak, “Madde 13” (Öğrencileri sahte bilimsel iddialara ve bilgi kirliliğine karşı bilinçlendirebilmeli.) ifadesine ilişkin uzmanların büyük ölçüde fikir birliğine vardıkları söylenebilir.

Madde 14 (Öğrencilere bilimsel araştırma yapmayı ve veriye dayalı düşünmeyi öğretmeli.): Madde 14’e ilişkin medyan değer 5,00, IQR’nın 1,00 ve standart sapma değerinin 0,833 olduğu görülmektedir. Çeyrek değerler genişliği uzlaşma kriterlerini karşılamaktadır. Ancak standart sapma diğer maddelere kıyasla biraz daha yüksektir. Uzlaşma oranı %87,5 olarak hesaplanmıştır. Tüm veriler değerlendirildiğinde, uzmanların “Madde 14” (Öğrencilere bilimsel araştırma yapmayı ve veriye dayalı düşünmeyi öğretmeli.) ifadesi üzerinde uzlaştıkları sonucuna varılmaktadır.

4.3.4 Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşıması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülen Delphi araştırmasının ikinci turunda, “Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik” teması kapsamındaki beş yeterlik maddesi uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Uzmanların bu yeterlik maddelerine vermiş oldukları yanıtların analizine ilişkin bulgular Çizelge 4.38’de sunulmuştur.

Çizelge 4.38 İkinci Delphi Turu Sonucunda Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Madde No	Yeterlik Maddesi	Medyan	Std. Sp.	Q1	Q3	IQR	Uzlaşma Yüzdesi	Uzlaşma +	Uzlaşma -
M15	Bilgi üretme ve paylaşma süreçlerinde akademik dürüstlük ilkelerini benimsemeli.	5,00	0,282	5,00	5,00	0,00	100	✓	
M16	Öğrencilere farklı kültürel ve toplumsal bakış açılarını anlamaları konusunda rehberlik edebilmeli.	5,00	0,924	4,00	5,00	1,00	79,2	✓	
M17	Bilimsel bilgiye dayanmayan yanlış yönlendirmeler karşısında öğrencileri bilinçlendirebilmeli.	5,00	0,464	4,00	5,00	1,00	100	✓	
M18	Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve doğal kaynakların korunması konularında öğrencileri bilinçlendirmeli.	5,00	0,624	5,00	5,00	0,00	91,7	✓	
M19	Yapay zekâ, veri analizi ve biyoteknoloji gibi alanlarda etik kurallara uygun hareket etmeli.	5,00	0,770	4,25	5,00	0,75	91,7	✓	

Madde 15 (Bilgi üretme ve paylaşma süreçlerinde akademik dürüstlük ilkelerini benimsemeli.): Madde 15’in medyan değeri 5,00, çeyrek değerler genişliği (IQR) 0,00 ve standart sapma değeri 0,282 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, uzmanlar arasında tam bir uzlaşma olduğunu göstermektedir. Uzlaşma yüzdesi %100’dür. Bu sonuçlar,

“Madde 15” (Bilgi üretme ve paylaşma süreçlerinde akademik dürüstlük ilkelerini benimsemeli.) ifadesinde uzmanların tam bir görüş birliği sağladığını açıkça ortaya koymaktadır.

Madde 16 (Öğrencilere farklı kültürel ve toplumsal bakış açılarını anlamaları konusunda rehberlik edebilmeli.): Madde 16 için medyan 5,00, IQR 1,00 ve standart sapma 0,924’tür. Bu standart sapma ve %79,2’lik uzlaşma oranı, uzmanların bu madde üzerinde tam olarak uzlaşmadığını, bir miktar görüş farklılığı olduğunu göstermektedir. Uzlaşma oranının %80’in altında olması bu görüş ayrılığını desteklemektedir. Dolayısıyla “Madde 16” (Öğrencilere farklı kültürel ve toplumsal bakış açılarını anlamaları konusunda rehberlik edebilmeli.) maddesinde uzmanlar arasında sınırlı bir uzlaşma olduğu söylenebilir.

Madde 17 (Bilimsel bilgiye dayanmayan yanlış yönlendirmeler karşısında öğrencileri bilinçlendirebilmeli.): Madde 17’nin medyan değeri 5,00, IQR 1,00 ve standart sapma 0,464’tür. Uzlaşma oranı ise %100’dür. Bu bulgular, “Madde 17” (Bilimsel bilgiye dayanmayan yanlış yönlendirmeler karşısında öğrencileri bilinçlendirebilmeli.) ifadesinde uzmanlar arasında tam bir görüş birliği bulunduğunu göstermektedir.

Madde 18 (Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve doğal kaynakların korunması konularında öğrencileri bilinçlendirmeli.): Madde 18’in medyan değeri 5,00, IQR 0,00 ve standart sapma 0,624’tür. Uzlaşma oranı %91,7’dir. Bu değerler, uzmanların büyük çoğunluğunun bu madde üzerinde uzlaştığını göstermektedir. “Madde 18” (Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve doğal kaynakların korunması konularında öğrencileri bilinçlendirmeli.) ifadesi uzmanlar tarafından kabul görmüştür.

Madde 19 (Yapay zekâ, veri analizi ve biyoteknoloji gibi alanlarda etik kurallara uygun hareket etmeli.): Madde 19’un medyanı 5,00, IQR 0,75 ve standart sapması 0,770 olarak bulunmuştur. Uzlaşma oranı %91,7’dir. Bu değerler, uzmanların “Madde 19” (Yapay zekâ, veri analizi ve biyoteknoloji gibi alanlarda etik kurallara uygun hareket etmeli.) maddesi üzerinde genel anlamda uzlaşma sağladıklarını göstermektedir.

4.3.5 Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşıması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülen Delphi araştırmasının ikinci turunda, “Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama” teması kapsamındaki dört yeterlik maddesi uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Uzmanların bu yeterlik maddelerine vermiş oldukları yanıtların analizine ilişkin bulgular Çizelge 4.39’da sunulmuştur.

Çizelge 4.39 İkinci Delphi Turu Sonucunda Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Madde No	Yeterlik Maddesi	Medyan	Sapma Std.	Q1	Q3	IQR	Uzlaşma Yüzdesi	Uzlaş +	Uzlaş -
M20	Göç ve küreselleşmenin getirdiği farklı kültürel geçmişlerden gelen öğrencileri kapsayıcı bir eğitim ortamında buluşturabilmeli.	4,50	0,816	4,00	4,50	1,00	87,5	✓	
M21	Pandemi, savaş, doğal afetler gibi durumlarda eğitimin sürekliliğini sağlayacak stratejilere hâkim olmalı.	5,00	0,779	4,00	5,00	1,00	91,3	✓	
M22	Eğitime erişimde fırsat eşitliği sağlayacak yaklaşımlar geliştirebilmeli.	5,00	0,875	4,00	5,00	1,00	83,3	✓	
M23	Öğrencilerin bilgiye erişimi ve dijital etik konularında bilinçlenmelerine yardımcı olmalı.	4,50	0,816	4,00	4,50	1,00	87,5	✓	

Madde 20 (Göç ve küreselleşmenin getirdiği farklı kültürel geçmişlerden gelen öğrencileri kapsayıcı bir eğitim ortamında buluşturabilmeli.): Madde 20’nin medyan değeri 4,50, çeyrek değerler genişliği (IQR) 1,00 ve standart sapması 0,816 olarak belirlenmiştir. Uzlaşma yüzdesi %87,5 olup, uzmanlar arasında bu madde üzerinde genel olarak uzlaş sağlanmıştır. Bu veriler, uzmanların “Madde 20” (Göç ve küreselleşmenin getirdiği farklı kültürel geçmişlerden gelen öğrencileri kapsayıcı bir eğitim ortamında buluşturabilmeli.) maddesinde önemli bir görüş birliği olduğunu göstermektedir.

Madde 21 (Pandemi, savaş, doğal afetler gibi durumlarda eğitimin sürekliliğini sağlayacak stratejilere hâkim olmalı.): Madde 21’in medyanı 5,00, IQR 1,00 ve standart sapması 0,779’dur. Uzlaşma oranı %91,3’tür. Bu değerler, uzmanların büyük çoğunluğunun “Madde 21” (Pandemi, savaş, doğal afetler gibi durumlarda eğitimin sürekliliğini sağlayacak stratejilere hâkim olmalı.) ifadesinde büyük oranda uzlaştığını göstermektedir.

Madde 22 (Eğitime erişimde fırsat eşitliği sağlayacak yaklaşımlar geliştirebilmeli.): Madde 22’nin medyan değeri 5,00, IQR 1,00 ve standart sapması 0,875 olarak bulunmuştur. Uzlaşma yüzdesi %83,3 olup, uzmanlar arasında bu maddeye ilişkin önemli bir fikir birliği vardır. Bu durum “Madde 22” (Eğitime erişimde fırsat eşitliği sağlayacak yaklaşımlar geliştirebilmeli.) ifadesinin uzmanlarca kabul gördüğünü göstermektedir.

Madde 23 (Öğrencilerin bilgiye erişimi ve dijital etik konularında bilinçlenmelerine yardımcı olmalı.): Madde 23’ün medyanı 4,50, IQR 1,00 ve standart sapması 0,816’dır. Uzlaşma oranı %87,5 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, uzmanların büyük bir kısmının “Madde 23” (Öğrencilerin bilgiye erişimi ve dijital etik konularında bilinçlenmelerine yardımcı olmalı.) maddesi üzerinde genel anlamda uzlaşa sağladığını göstermektedir.

4.3.6 Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşıması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülen Delphi araştırmasının ikinci turunda, “Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri” teması kapsamındaki dört yeterlik maddesi uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Bu yeterlikler, öğretmenlerin hem çevrim içi hem de yüz yüze sınıf ortamlarında etkili öğretim süreci yürütebilmelerine yönelik olarak yapılandırılmıştır. Alanında uzman katılımcıların görüşleri doğrultusunda maddelerin uygulanabilirliği, güncelliği ve gelecek odaklılığı değerlendirilmeye çalışılmıştır. Uzmanların bu yeterlik maddelerine verdikleri puanların analizine ilişkin bulgular Çizelge 4.40’ta sunulmuştur.

Çizelge 4.40 İkinci Delphi Turu Sonucunda Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Madde No	Yeterlik Maddesi	Medyan	Std. Sapma	Q1	Q3	IQR	Uzlaşma Yüzdesi	Uzlaşma +	Uzlaşma -
M24	Online derslerde öğrenci katılımını artıracak stratejiler geliştirebilmeli.	5,00	0,881	4,00	5,00	1,00	83,3	✓	
M25	Çevrimiçi eğitimde öğrenci-öğretmen iletişimini güçlü tutabilmeli.	5,00	0,717	4,00	5,00	1,00	87,5	✓	
M26	Fiziksel ve dijital eğitim ortamlarını entegre edebilmeli.	5,00	0,647	4,00	5,00	1,00	91,7	✓	
M27	Uzaktan eğitimde öğrencileri aktif öğrenmeye teşvik eden yöntemler geliştirebilmeli.	5,00	0,833	4,00	5,00	1,00	87,5	✓	

Madde 24 (Online derslerde öğrenci katılımını artıracak stratejiler geliştirebilmeli.): Madde 24’ün medyan değeri 5,00, standart sapması 0,881, çeyrek değerler genişliği (IQR) 1,00 olarak belirlenmiştir. Uzlaşma yüzdesi %83,3 olup, bu madde üzerinde uzmanlar arasında genel bir uzlaşma sağlandığı görülmektedir. Bu sonuç, “Madde 24” (Online derslerde öğrenci katılımını artıracak stratejiler geliştirebilmeli.) ifadesinin önem ve gereklilik açısından kabul gördüğünü göstermektedir.

Madde 25 (Çevrimiçi eğitimde öğrenci-öğretmen iletişimini güçlü tutabilmeli.): Madde 25’in medyanı 5,00, standart sapması 0,717 ve IQR 1,00’dır. Uzlaşma oranı %87,5 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, uzmanların büyük çoğunluğunun “Madde 25” (Çevrimiçi eğitimde öğrenci-öğretmen iletişimini güçlü tutabilmeli.) maddesinde ortak görüşte olduğunu ortaya koymaktadır.

Madde 26 (Fiziksel ve dijital eğitim ortamlarını entegre edebilmeli.): Madde 26’nın medyanı 5,00, standart sapması 0,647, IQR değeri ise 1,00’dır. Uzlaşma yüzdesi %91,7’dir. Bu durum, “Madde 26” (Fiziksel ve dijital eğitim ortamlarını entegre edebilmeli.) maddesinin uzmanlar tarafından yüksek oranda kabul edildiğini göstermektedir.

Madde 27 (Uzaktan eğitimde öğrencileri aktif öğrenmeye teşvik eden yöntemler geliştirebilmeli.): Madde 27'nin medyanı 5,00, standart sapması 0,833, IQR değeri 1,00 olarak belirlenmiştir. Uzlaşma oranı %87,5'tir. Bu veriler, “Madde 27” (Uzaktan eğitimde öğrencileri aktif öğrenmeye teşvik eden yöntemler geliştirebilmeli.) maddesine ilişkin uzmanlar arasında güçlü bir fikir birliği olduğunu göstermektedir.

4.3.7 Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşınması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülen Delphi araştırmasının ikinci turunda, “Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği” teması kapsamındaki üç yeterlik maddesi uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Uzmanların bu yeterlik maddelerine vermiş oldukları yanıtların analizine ilişkin bulgular Çizelge 4.41’de sunulmuştur.

Çizelge 4.41 İkinci Delphi Turu Sonucunda Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Madde No	Yeterlik Maddesi	Medyan	Std. Sapma	Q1	Q3	IQR	Uzlaşma Yüzdesi	Uzlaşma +	Uzlaşma -
M28	Öğrencilere bireyselleştirilmiş geri bildirim verebilmeli.	5,00	0,509	4,00	5,00	1,00	100	✓	
M29	Öğrencinin gelişimini veri analizleriyle takip edebilmeli.	5,00	0,504	4,00	5,00	1,00	100	✓	
M30	Problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini değerlendirecek yöntemler geliştirebilmeli.	5,00	0,584	4,00	5,00	1,00	95,8	✓	

Madde 28 (Öğrencilere bireyselleştirilmiş geri bildirim verebilmeli.): Madde 28’in medyan değeri 5,00, standart sapması 0,509, çeyrek değerler genişliği (IQR) 1,00 olarak belirlenmiştir. Uzlaşma yüzdesi %100’dür. Bu sonuç, uzmanlar arasında “Madde 28” (Öğrencilere bireyselleştirilmiş geri bildirim verebilmeli.) maddesinde tam uzlaşma sağlandığını göstermektedir.

Madde 29 (Öğrencinin gelişimini veri analizleriyle takip edebilmeli.): Madde 29’un medyanı 5,00, standart sapması 0,504 ve IQR değeri 1,00’dir. Uzlaşma oranı %100 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, uzmanların tamamının “Madde 29” (Öğrencinin gelişimini veri analizleriyle takip edebilmeli.) maddesinde görüş birliği içinde olduğunu ortaya koymaktadır.

Madde 30 (Problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini değerlendirecek yöntemler geliştirebilmeli.): Madde 30’un medyanı 5,00, standart sapması 0,584 ve IQR değeri 1,00 olarak belirlenmiştir. Uzlaşma yüzdesi %95,8’dir. Bu veriler, “Madde 30” (Problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini değerlendirecek yöntemler geliştirebilmeli.) maddesine ilişkin uzmanlar arasında yüksek düzeyde fikir birliği olduğunu göstermektedir.

4.3.8 Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim

2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin taşınması gereken yeterliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülen Delphi araştırmasının ikinci turunda, “Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim” teması kapsamındaki üç yeterlik maddesi uzmanların görüşlerine sunulmuştur. Uzmanların bu yeterlik maddelerine vermiş oldukları yanıtların analizine ilişkin bulgular Çizelge 4.42’de sunulmuştur.

Çizelge 4.42 İkinci Delphi Turu Sonucunda Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim Teması Altında Elde Edilen Yeterlik Maddeleri

Md. No	Yeterlik Maddesi	Medyan	Std. Sapma	Q1	Q3	IQR	Uzlaşma Yüzdesi	Uzlaş +	Uzlaş -
M31	Bilimsel gelişmeleri ve eğitim teknolojilerini sürekli öğrenerek derslerine entegre edebilmeli.	5,00	0,415	5,00	5,00	0,00	100	✓	
M32	Öğrenme topluluklarına katılarak mesleki gelişimini sürekli kılabilirmeli.	5,00	0,647	4,00	5,00	1,00	91,7	✓	
M33	Değişen öğrenci profillerine uygun pedagojik yaklaşımlar geliştirebilmeli.	5,00	0,711	4,25	5,00	0,75	87,5	✓	

Madde 31 (Bilimsel gelişmeleri ve eğitim teknolojilerini sürekli öğrenerek derslerine entegre edebilmeli.): Madde 31’in medyan değeri 5,00, standart sapması 0,415, çeyrek değerler genişliği (IQR) 0,00 olarak belirlenmiştir. Uzlaşma yüzdesi %100’dür. Bu bulgular, uzmanların “Madde 31” üzerinde tam uzlaşşı sağladığını göstermektedir.

Madde 32 (Öğrenme topluluklarına katılarak mesleki gelişimini sürekli kılabilirmeli.): Madde 32’nin medyanı 5,00, standart sapması 0,647 ve IQR değeri 1,00 olarak belirlenmiştir. Uzlaşma oranı %91,7’dir. Bu durum, uzmanların büyük çoğunluğunun “Madde 32” üzerinde görüş birliği içinde olduğunu ifade etmektedir.

Madde 33 (Değişen öğrenci profillerine uygun pedagojik yaklaşımlar geliştirebilmeli.): Madde 33’ün medyanı 5,00, standart sapması 0,711 ve IQR değeri 0,75’tir. Uzlaşma yüzdesi %87,5 olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, uzmanların önemli bir kısmının “Madde 33” üzerinde fikir birliği içinde olduğunu göstermektedir.

4.4 Delphi Sürecinin Sonlandırılması

Araştırmamızda düzenlenmiş Delphi yöntemiyle belirlenen 33 yeterlik maddesinin büyük çoğunluğunda uzmanlar arasında belirlenen uzlaşma ölçütleri sağlanmıştır. Yapılan analizlerde maddelerin tamamında çeyrek değerler genişliği (IQR), medyan ve standart sapma gibi istatistiksel kriterler incelenmiş ve uzlaşma yüzdeleri dikkate alınmıştır.

Sadece “Madde 16 (Öğrencilere farklı kültürel ve toplumsal bakış açılarını anlamaları konusunda rehberlik edebilmeli.)” maddesinde, uzlaşma yüzdesi %79,2 ile belirlenen %80’lik ölçütün hemen altında kalmıştır. Bu durumun, uzmanlar arasındaki çok küçük bir görüş farklılığından kaynaklandığı düşünülmüş ve danışman ve uzman görüşleri alınarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, diğer ölçütlerin sağlanması ve yüzdelik farkın çok düşük olması dikkate alınarak bu maddenin de uzlaşma sağlanmış sayılmasına karar verilmiştir.

Bu doğrultuda, düzenlenmiş Delphi süreci tamamlanmış ve tüm maddelerde genel bir uzlaşma sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Uzman görüşlerinin titizlikle değerlendirilmesi ve gerekli istatistiksel kriterlerin yerine getirilmesiyle, belirlenen yeterlikler geçerlilik kazanmıştır. Bu sonuçlar, araştırmanın güvenilirliğini ve geçerliliğini artırmakta ve alan yazına önemli katkılar sağlamaktadır.



5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1 Tartışma ve Sonuç

5.1.1 Teknoloji Kullanım Yeterliliği Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç

Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (2024) tarafından yayımlanan *Eğitimde Kullanılan Yapay Zekâ Araçları: Öğretmen El Kitabı* adlı çalışmada, fen bilimleri öğretmenlerine yönelik çeşitli yapay zekâ araçlarının sınıf içi uygulamalarda nasıl kullanılabileceğine ilişkin somut önerilere yer verilmiştir. Bu kapsamda, fen bilimleri eğitiminde öğrencilerin bilimsel kavramları daha derinlemesine anlamalarını desteklemek amacıyla Science360, Toca Lab: Elements, Simple Machines by Tinybop, Mystery Science ve DIY Nano gibi interaktif içerikler sunan uygulamalar önerilmektedir. Ayrıca Google Science Journal, Physics Toolbox Suite gibi veri toplama ve analizine yönelik araçlar ile Cognimates, Google Teachable Machine, IBM Watson gibi yapay zekâ kavramlarını tanıtan platformlar da fen öğretiminde yer bulmaktadır. Söz konusu araçlar, öğrencilerin bilimsel düşünme, problem çözme ve araştırma becerilerini geliştirmenin yanı sıra, deney simülasyonları ve uygulamalı öğrenme ortamları aracılığıyla bilimsel süreçlerle etkileşimini artırmayı hedeflemektedir. Bu yönüyle söz konusu kaynak, fen bilimleri öğretmenlerine derslerini dijital ve yenilikçi yaklaşımlarla zenginleştirmeleri için rehberlik etmektedir.

Khan ve arkadaşları (2024) çalışmalarında, yapay zekâ destekli öğretim sistemlerinin bire bir öğrenci-öğretmen etkileşimine dayalı kişiselleştirilmiş bir öğrenme deneyimi sunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, yapay zekânın eğitimde giderek daha yaygın hale geldiği ve bu durumun yükseköğretim üzerinde önemli bir etki yaratma potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada, birçok eğitimci ve eğitim otoritesinin yapay zekâ konularını K-12 müfredatına entegre etmeyi değerlendirdiği; bu kapsamda yapılan araştırmaların büyük ölçüde, hangi yapay zekâ araçlarının öğrenci öğrenmesi için daha uygun olduğunu belirlemeye ve hangi konu bilgileri ile becerilerin öğretilmesi gerektiğine odaklandığı vurgulanmıştır. Ayrıca, bu çalışmaların bilgi kazandırma amacıyla uygun içerik, etkili sunum yöntemleri ve öğrencilerin yeterlilik düzeylerini artırmaya yönelik stratejilerle müfredatlar oluşturdukları belirtilmiştir.

Al Musawi, Al Suhi ve Al Mamari (2025), yaptıkları çalışmada 2023-2024 eğitim-öğretim yılının ilk döneminde Umman'ın Al-Dhahira bölgesindeki okullarda görev yapan 10 kadın EFL öğretmeniyle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapmış ve öğretmenlerin sanal gerçeklik (VR) teknolojisine yönelik çeşitli algılarını ortaya koymuşlardır. Çalışmada öğretmenlerin VR'ı öğrenci katılımını, motivasyonunu ve merakını artıran, soyut kavramların anlaşılmasını kolaylaştıran ve 21. yüzyıl becerilerinin gelişimini destekleyen bir araç olarak gördükleri belirtilmiştir. Bununla birlikte, zaman yetersizliği, teknolojik altyapı eksiklikleri, finansal sınırlılıklar, içerik üretimindeki zorluklar, öğrenci adaptasyonu ve etik kaygılar gibi çeşitli engellerin VR'ın sınıf içi yaygın kullanımı önünde durduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, öğretmenlerin altyapı desteği, ücretsiz kaynak erişimi, öğretmen eğitimi ve sürekli araştırmalar yapılması yönünde önerilerde bulundukları ifade edilmiştir.

Zhang ve Jiang (2022) tarafından yapılan çalışmada, hologram teknolojisine dayalı sürükleyici sanal etkileşimli ortamların gençlik sanat eğitimi bağlamında uygulanmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Bu çalışmada, öğrencilerin artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) cihazları aracılığıyla sınıf içi ve dışı bireysel ya da küçük grup çalışmaları gerçekleştirebildikleri; özellikle heykel gibi uygulamalı derslerde bu teknolojilerin öğrencilerin düşünce, duygu ve anlayışlarını daha etkili şekilde ifade etmelerine olanak sağladığı belirtilmektedir. Ayrıca öğrencilerin, sanal gerçeklik cihazlarını kullanarak sınıf içi ödevler, sınıf dışı görevler, bireysel icatlar ya da küçük iş birliği projeleri gibi belirli öğretim etkinliklerini tamamlamak üzere birbirleriyle etkileşim kurabildikleri ifade edilmektedir. Çalışmada göz sağlığı gibi güvenlik önlemleri dikkate alınarak teknolojinin uygun ders yoğunluğunda uygulanmasının önemine değinilmiş; farklı ışık ve renk konfigürasyonlarının müfredat hedeflerine göre kullanılabileceği belirtilmiştir. Son olarak, geleceğin eğitim modelinin çok terminalli, öğrenci merkezli ve bireyselleştirilmiş bir yapıya kavuşacağı, bu dönüşümde holografik ve etkileşimli sanal ortam teknolojilerinin önemli bir rol oynayacağı ileri sürülmektedir.

Lee ve arkadaşları (2023), K-12 düzeyindeki bilgisayar programlama eğitiminde karşılaşılan öğrenme güçlüklerine zamanında müdahale edebilmek amacıyla Derin

Öğrenme ve Görüntü İşleme tekniklerini kullanarak PETIS (Precision Education based Timely Intervention System) adlı yenilikçi bir sistem geliştirmiştir. Araştırmada yarı deneysel desen kullanılarak PETIS'in öğrencilerin programlama becerileri ve duyuşsal alan öğrenme kazanımları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular, PETIS uygulamasının bu alanlarda anlamlı gelişmeler sağladığını göstermektedir. Ayrıca, öğretmen ve öğrenci görüşlerine dayanan nitel veriler de sistemin eğitime olumlu katkı sağladığını ortaya koymuştur. Araştırmada, PETIS'in ICAP çerçevesi ile öğrenme etkileşimini birleştirerek STEM eğitimi bağlamında öğrenme katılımının otomatik ölçümüne yönelik potansiyel sunduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, araştırmada katılımcı sayısının azlığı, sürenin kısa olması ve sistemin görüntü işleme teknolojisine bağlılığı gibi sınırlılıklara dikkat çekilmiş; gelecekte örneklem büyüklüğünün artırılması, sürenin uzatılması ve çok modlu öğrenme analizlerinin entegrasyonu önerilmiştir.

Friedrich vd. (2024) tarafından yapılan sistematik derlemede, STEM eğitimi bağlamında istatistiksel ve veri okuryazarlığına ilişkin çalışmaların artmasına rağmen, bu iki alanı disiplinlerarası bir bakış açısıyla bütünlendiren kapsamlı bir kuramsal çerçevenin henüz oluşturulmadığı belirtilmektedir. Çalışmaların genellikle bireysel bilişsel bileşenlere odaklandığı, bu bileşenler arasındaki etkileşimin ise yeterince ele alınmadığı ifade edilmektedir. Ayrıca, duyuşsal değişkenlerin istatistiksel ve veri okuryazarlığı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların sayıca az olduğu ve bu değişkenlerin alt bileşenler olarak sistematik şekilde sınıflandırılmadığı vurgulanmaktadır. Araştırmacılar tarafından geliştirilen üç bileşenli çerçevenin (bilişsel, davranışsal, duyuşsal) mevcut literatürü sistematik şekilde organize etmede faydalı olduğu, ancak bu bileşenler arasındaki ilişkilerin ve örtüşme alanlarının daha ayrıntılı biçimde ele alınması gerektiği aktarılmaktadır. Ayrıca, K-12 eğitiminde ve mevcut araştırmaların genişliğinde disiplinlerarasılığın yetersiz temsil edildiği ve bu durumun mevcut kuramsal önerilerle uygulamalar arasında önemli bir boşluk yarattığı belirtilmektedir (Friedrich vd. 2024).

Tatlı, Gülay, Muradoğlu ve Bekar (2023) tarafından yürütülen araştırmada, öğretmen adaylarının öğrenme stillerine göre Web 2.0 araçlarını ölçme-değerlendirme ve sunu

hazırlama amaçlı olarak en çok Kahoot, LearningApps, Canva ve Emaze gibi araçlarla kullandıkları, bunun yanı sıra infografik, animasyon, çizgi film, oyun, yapboz ve görsel düzenleme materyalleri geliştirmek için çeşitli Web 2.0 araçlarından da yararlandıkları ifade edilmiştir. Ayrıca, Web 2.0 destekli materyal geliştirme sürecinin öğretmen adaylarının dijital öğretim materyali geliştirme özyeterliklerini artırdığı da belirtilmiştir. Ayrıca, öğretmen adaylarının öğrenme stillerine uygun materyal geliştirmelerinin teşvik edilmesi, Web 2.0 araçlarının öğretim teknolojileri dersinde tanıtılması ve farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilere yönelik Web 2.0 destekli öğretimin etkililiğini inceleyen çalışmalar yapılması önerilmiştir (Tatlı, Gülay, Muradoğlu & Bekar, 2023).

Bayar ve Korkmaz (2022) tarafından yapılan araştırmada, eğitimcilerin öğrencilerin kişisel verilerinin korunmasına yönelik görüşleri ele alınmıştır. Araştırma bulgularına göre, eğitimciler kişisel verilerin korunması için öncelikli olarak öğrencilerin bilinçlendirilmesini, öğretmenlere hizmet içi eğitim verilmesini ve velilerin farkındalığının artırılmasını önermişlerdir. Ayrıca rehber öğretmenlerin sürece öncülük etmesi, öğrencilerin tanımlanabilirliğinin engellenmesi, okulun fiziksel koşullarının düzenlenmesi ve ses-görüntü kaydı gibi araçların kullanımının sınırlandırılması gerektiği belirtilmiştir. Ailede verilen eğitimin destekleyici rolü ve okul ortamlarında gerekli denetimlerin sağlanması da diğer önemli öneriler arasında yer almıştır (Bayar ve Korkmaz 2022).

Araştırmacılar, bulgular doğrultusunda çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Bunlar arasında öğretmenlere yönelik kişisel verilerin korunması konusunda hizmet içi eğitimlerin düzenlenmesi, öğrenciler ve velilerde bilinç oluşturulması, rehber öğretmenler ile bilişim teknolojileri öğretmenlerinin bu süreçte daha aktif rol üstlenmesi yer almaktadır. Ayrıca konunun veliler ve öğrenciler açısından da incelenmesi gerektiği ve Millî Eğitim Bakanlığı'nın kişisel verilerle ilgili net tanımlamalar yaparak paylaşım koşullarını belirlemesi gerektiği vurgulanmıştır (Bayar ve Korkmaz 2022).

Canella ve arkadaşları (2024), yüz yüze yükseköğretimde dijital bilgi ve iletişim teknolojilerinin (DICT) etkili kullanımının derslerin kalitesini artırdığını ortaya koymuştur. Moodle, Teams, Padlet ve Kahoot! gibi dijital araçlar ile sosyal medya

platformlarının bilinçli ve stratejik şekilde kullanımı; ders materyallerinin paylaşımını kolaylaştırmakta, öğrencilerin derse katılımını artırmakta ve öğrenme sürecinde daha aktif rol almalarını sağlamaktadır. Ancak bu potansiyelin tam olarak hayata geçirilebilmesi için altyapı eksikliklerinin giderilmesi, kurumsal desteğin sağlanması ve öğretmenlerin dijital araçları etik ve iş birliğine dayalı bir yaklaşımla kullanmaları gerekmektedir. Çalışmada ayrıca öğretmenlerin yeni teknolojilere uyum sağlama ve sürekli mesleki gelişime açık olma becerilerinin önemine dikkat çekilmiş; öğretmen eğitimlerinde sadece teknik bilgi değil, aynı zamanda dijital araçları anlamlı ve pedagojik olarak etkili şekilde entegre edecek yöntemlerin de yer alması gerektiği vurgulanmıştır.

Yıldız ve Yıldırım (2023) tarafından yapılan çalışmada, fen bilimleri öğretmenlerinin öğrenme ve öğretme sürecinde teknoloji entegrasyonuna ilişkin görüşleri incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre öğretmenlerin bir kısmı teknolojik yeterlilikleri olduğunu ifade etse de derslerinde teknolojik araçları kullanma ve web 2.0 araçlarını etkin şekilde entegre etme konusunda zorlandıkları tespit edilmiştir. Öğretmenler, bu süreçte içerik hazırlamanın zaman aldığını, teknik sorunlar yaşandığını ve hazır içerik ihtiyacı duyduklarını belirtmişlerdir. Bununla birlikte teknoloji entegrasyonunun, öğrenci katılımını ve etkileşimini artırdığı, öğrencilerin kavram yanlışlarının azalmasına, özgüvenlerinin artmasına ve öğrenmeye daha hızlı tepki vermelerine katkı sağladığı ifade edilmiştir. Araştırma kapsamında, fen bilimleri öğretmenlerinin web 2.0 araçlarını özellikle derslerin giriş ve değerlendirme aşamalarında kullandıkları ve bu araçlarla yapılan değerlendirmelerin öğrencilerin akademik başarısını artırdığı belirtilmiştir. Öğrencilerin derslere teknolojik araçlarla daha aktif katıldıkları ve derslerin daha eğlenceli hale geldiği vurgulanmıştır.

Yıldız ve Yıldırım (2023), öğretmenlerin teknolojik yeterlilikleri konusunda emin olamadıklarını ve bunun nedeninin teknik aksaklıklar ve eğitim eksikliği olduğunu belirtmektedir. Bu doğrultuda, öğretmenlere hem üniversite sürecinde hem de sonrasında teknoloji entegrasyonuna yönelik eğitimler verilmesi, teknoloji kullanılan derslerin saha çalışmalarıyla incelenmesi ve deneyimli öğretmenlerin görüşlerinden daha fazla yararlanılması gerektiği önerilmektedir. Ayrıca internet erişimi, uygulama

cretleri ve müfredatın yetiştirilmesi gibi sorunlara da çözüm üretilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

2061 yılı fen bilimleri ğretmenlerinin sahip olması gereken yeterlikler incelendiğinde, teknoloji kullanımının eğitsel bağlamda derinleştiği, sadece araç bilgisi düzeyinde değil, bu araçları pedagojik amaçlara uygun biçimde kullanabilme becerisini de kapsayacak şekilde genişlediği grlmektedir. Bu bağlamda uzmanlar, yapay zekâ destekli ğretim sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve holografik materyaller gibi yenilikçi teknolojileri etkin şekilde kullanabilen ğretmen profiline vurgu yapmışlardır. Bu görüş, Al Musawi, Al Suhi ve Al Mamari'nin (2025) ğretmenlerin VR teknolojisini ğrenci katılımını ve kavramsal anlamayı artıran bir araç olarak değerlendirdiği bulgularla örtüşmektedir.

Ayrıca, STEM eğitimi kapsamında öğretmenlerin temel düzeyde programlama yapabilmeleri ve büyük veri analizi gibi bilişim temelli becerilere sahip olmaları gerektiği vurgulanmıştır. Bu durum, Khan ve arkadaşlarının (2024) yapay zekâ sistemlerinin bireyselleştirilmış öğrenme süreçlerine katkı sunduğunu belirttiği çalışmayla da desteklenmektedir. Aynı şekilde, PETIS gibi öğrenme sürecini anlık analiz eden yapay zekâ sistemlerinin öğretmenlerin karar alma süreçlerine veri temelli katkı sunduğu Lee ve arkadaşları (2023) tarafından ortaya konmuştur. Bu da öğretmenlerin diğital veriyi yorumlama ve pedagojik kararlarla bütünleştirme becerilerinin önemini göstermektedir.

Bulgular ayrıca, öğretmenlerin derslerini zelleştirilmış diğital materyallerle zenginleştirebilme ve bu süreçte ğrenci verilerinin gizliliğine zen gösterme yeterliğine de sahip olmaları gerektiğini göstermektedir. Bayar ve Korkmaz'ın (2022) bulgularında olduğu gibi, ğrenci verilerinin korunması konusunda öğretmenlerin hem bilinçli hem de etik sorumluluk taşıyan bireyler olarak hareket etmeleri beklenmektedir.

Uzmanlar, yüz yüze ve çevrim içi ğretimi etkili şekilde harmanlayabilen bir ğretmen profilinin önemine de dikkat çekmişlerdir. Bu durum, Canella ve arkadaşları (2024) ile Yıldız ve Yıldırım'ın (2023) bulgularında diğital araçların pedagojik amaçlı kullanımının öğrencilerin derse katılımı ve başarısı üzerindeki olumlu etkileriyle örtüşmektedir.

Sonuç olarak, teknoloji kullanım yeterliği, yalnızca dijital araçlara erişim değil; bu araçların öğretim süreçlerine etik, pedagojik ve bireyselleştirilmiş bir biçimde entegre edilmesini gerektirmektedir. 2061 yılının öğretmen profili, yapay zekâ, artırılmış gerçeklik, büyük veri analizi, öğrenci veri güvenliği ve dijital pedagojiyi bir bütün olarak kavrayıp uygulayabilen bir fen bilimleri öğretmenini tanımlamaktadır. Bu yeterlikler, öğretmenlerin teknoloji ile donanmış gelecek sınıflarda hem rehber hem de dijital öğrenme ortamlarının tasarımcısı olmalarını gerekli kılmaktadır.

5.1.2 Disiplinler Arası Çalışma Becerisi Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç

Akça ve Beşoluk'un (2023) araştırmasına göre, fen bilimleri öğretmenlerinin büyük çoğunluğu disiplinlerarası yaklaşımların tanımı ve ayırt edici özellikleri konusunda literatürle uyumlu açıklamalar yaparak bu yaklaşımlar hakkındaki bilgi ve farkındalıklarının yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Öğretmenler, disiplinlerarası eğitimi daha çok “anamlı bir bütün oluşturma” ve “farklı bakış açılarını bir araya getirme” olarak tanımlamakta; etkili iletişim, iş birliği, alanlar arası bilgi birikimi ve dijital beceriler gibi yeterliklerin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, bu becerilerin gelişimi için hizmet öncesi eğitimlerin ve hizmet içi seminerlerin önemi belirtilmiştir. STEM yaklaşımına ilişkin bulgularda ise öğretmenlerin STEM'i genel olarak olumlu değerlendirdikleri, 21. yüzyıl becerilerinin gelişiminde etkili gördükleri ancak uygulamada bilgi ve yeterlik eksikliği yaşadıkları ifade edilmiştir. Disiplinlerarası eğitim uygulamalarının yaygınlaştırılabilmesi için okul içi iş birliği, esnek programlar, müfredat entegrasyonu, ölçme-değerlendirme desteği ve örnek uygulamaların paylaşılmasına ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılmıştır (Akça ve Beşoluk 2023).

Eren ve Dökme'nin (2022) çalışmasında, 21. yüzyıl becerilerinin bireylere kazandırılmasının ertelenemez bir gereklilik olduğu ve bu becerilerin okul ortamlarında yapılandırılacak disiplinlerarası öğretim tasarımları ile mümkün hale geleceği vurgulanmaktadır. Bu kapsamda, fen eğitimine mühendislik ve girişimcilik uygulamalarını içeren STEM yaklaşımlarının entegre edilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Araştırmada, öğretim programlarında STEM uygulamaları ve amaçlarını içeren özel bir başlığa yer verilmesinin önemine dikkat çekilmekte, öğretmenlerin

niteliğinin eğitimde belirleyici rol oynadığı ve bu nedenle hem öğretmen adaylarının hem de görevdeki öğretmenlerin STEM konusunda donanımlı hale getirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Fen eğitiminde STEM yaklaşımının etkili biçimde uygulanabilmesi için öğretmen eğitimlerinin öncelikli bir ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Eren & Dökme, 2022).

Mutlu ve Yıldız Fidan'ın (2021) yürüttüğü çalışmada, Proje Tabanlı Öğretim (PTÖ) sürecinin en önemli bileşenlerinden birinin öğretmenler olduğu vurgulanmaktadır. Öğretmenin bilgi düzeyi, bu bilgiyi aktarabilme becerisi, öğretim yöntemlerine hâkimiyeti ve öğrenciyle iletişim düzeyi, başarılı bir PTÖ uygulaması için belirleyici unsurlar olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda özyeterlilik kavramı ön plana çıkmakta, öğretmenin bireysel gelişimini öğretim sürecine yansıtmaya becerisiyle ilişkilendirilmektedir (Mutlu ve Yıldız Fidan 2021).

Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından hazırlanan “Geleceğin Meslekleri Çalışmaları” raporunda, üniversitelerde eğitim içeriğinin dinamik bir biçimde belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Raporda, insan kaynakları birimleri, kariyer merkezleri ve öğrenme-öğretme merkezleri ile iş birliği içinde şekillendirilen müfredatın, eğitim sisteminin başarısı açısından kritik bir unsur olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca açık kaynak destekli içeriklerin geliştirilmesi, öğretim üyelerinin dijital içerik üretimi konusunda teşvik edilmesi, bu içeriklerin diğer üniversitelerce kullanılabilir olması durumunda ödüllendirme sistemlerinin kurulması gerektiği belirtilmiştir. Her öğrencinin yılda en az bir çevrim içi ders almasının teşvik edilmesi ve dijital içeriklerin uzun vadede farklı dillere çevrilerek yurt dışına ihraç edilmesi önerilmektedir. Raporda ayrıca eğitimcilerin eğitimine de dikkat çekilerek, eğitimcilerin deneyim toplayan, analiz eden ve öğrencilerin vizyonunu genişleten bireyler olarak yetiştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (YÖK 2019).

Disiplinler arası çalışma becerisi, çağdaş fen bilimleri öğretmenlerinin yalnızca kendi branş bilgisiyle sınırlı kalmayıp farklı bilimsel alanlarla bütüncül bir öğrenme ortamı tasarlayabilme kapasitesini ifade etmektedir. Bu doğrultuda çalışmamızda, öğretmenlerin aşağıdaki dört temel yeterlik maddesi üzerinde görüş birliğine vardıkları

görülmüştür: (1) Fizik, biyoloji, kimya, mühendislik, yapay zekâ, biyoteknoloji ve çevre bilimleriyle bağlantılar kurabilmeli, (2) Bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematikle birlikte sosyal bilimleri de içeren projeler tasarlayabilmeli, (3) Öğrencileri çevresel, teknolojik ve toplumsal sorunlara çözüm üretmeye teşvik edebilmeli, (4) Veri bilimi, robotik, kuantum teknolojileri gibi alanlara öğrencileri yönlendirebilmeli.

Katılımcıların uzlaştığı bu maddeler, disiplinler arası eğitimin doğasına ilişkin literatürde yer alan tanım ve beklentilerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Nitekim Akça ve Beşoluk'un (2023) çalışmasında da öğretmenlerin disiplinler arası eğitimi “farklı alanlardan anlamlı bütünler oluşturmak” şeklinde tanımladıkları ve bu süreçte etkili iletişim, iş birliği ve dijital becerilere ihtiyaç duydukları belirtilmiştir. Katılımcılarımızın farklı bilimsel ve teknolojik alanlarla bağlantı kurabilme ve öğrencileri yenilikçi alanlara yönlendirme becerilerini yeterlik olarak önermesi, bu alandaki literatürle tam bir uyum göstermektedir. Aynı zamanda, STEM yaklaşımının disiplinler arası yapısı göz önünde bulundurulduğunda, öğretmenlerin bu alanları bir arada düşünerek proje temelli öğretim tasarlama yeterliklerine sahip olması gerektiği vurgusu da çalışmamızdaki bulgularla paralellik arz etmektedir (Eren & Dökme, 2022). Yine Mutlu ve Yıldız Fidan'ın (2021) proje tabanlı öğretim bağlamındaki bulguları, öğretmenin bireysel bilgi birikimi, yöntemsel yeterliliği ve öğrenciyi yönlendirme kapasitesinin disiplinler arası çalışmalarda belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Katılımcılarımızın, disiplinler arası projeler tasarlayabilme ve öğrencilere çağdaş problem alanlarında rehberlik edebilme yetkinliğini ön plana çıkarmaları bu bağlamda anlamlıdır. Bunun yanı sıra, Yükseköğretim Kurulu'nun (2019) raporunda da vurgulandığı üzere eğitimcilerin dinamik ve farklı disiplinlere açık biçimde yetiştirilmesi gerektiği yönündeki görüşler, öğretmenlerin disiplinler arası yönelimi bir eğitim politikası meselesi olarak da değerlendirmemizi sağlamaktadır.

Sonuç olarak, katılımcılarımızın uzlaştığı dört yeterlik maddesi, disiplinler arası eğitimin temel yapı taşlarını yansıtan niteliktedir. Bu yeterlikler; bireylerin karmaşık problemleri çözebilecek, farklı disiplinler arasında geçiş yapabilecek ve yenilikçi düşünciyi sınıf ortamına taşıyabilecek şekilde yetiştirilmesi açısından öğretmen rollerinin yeniden tanımlanmasını gerekli kılmaktadır. Dolayısıyla disiplinler arası

Çalışma becerisi, yalnızca teorik düzeyde değil, öğretmenlerin günlük ğretim uygulamalarında da etkili biçimde yer bulması gereken temel bir mesleki yeterlik olarak değerlendirilmelidir.

5.1.3 Öğrenci Merkezli ğretim ve Rehberlik Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç

Yılmaz (2024), yapay zekânın fen eğitimine entegrasyonunu kişiselleştirilmiş öğrenme bağlamında ele aldığı çalışmasında, yapay zekâ destekli sistemlerin ğrenci profillerine uygun içerikler sunma, öğrenme materyallerini uyarlama, kişiselleştirilmiş dersler sunma ve gerçek zamanlı geribildirim sağlama konularında önemli avantajlar sunduğunu belirtmektedir. Özellikle risk altındaki öğrencilerin erken tespit edilmesini sağlayan yapay zekâ temelli kestirim analizleri sayesinde, öğrenciye özel destek sağlanabileceği vurgulanmaktadır. Bununla birlikte, çalışmada yapay zekânın eğitim ortamlarına entegrasyonunda karşılaşılan temel sorunlar arasında altyapı gereksinimleri, veri güvenliği, mahremiyet, yüksek başlangıç maliyetleri ve öğretmenlerin bu teknolojileri etkin kullanabilmesi için gerekli olan özel eğitimler öne çıkmaktadır. Yılmaz'a (2024) göre, doğal dil işleme ve uyarlanabilir öğrenme gibi alanlardaki ilerlemeler, yapay zekânın ğrenci ihtiyaçlarını daha isabetli biçimde öngörebilmesini mümkün kılmakta; artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamaları ise etkileşimli ve sürükleyici öğrenme ortamları sunarak sınıf içi deneyimi dönüştürmektedir. Ancak bu potansiyelin tam anlamıyla hayata geçirilebilmesi, etik kullanım, eşit erişim ve sürekli etki değerlendirmesi gibi kritik unsurların göz önünde bulundurulmasına bağlıdır.

Ramaila (2025), farklılaştırılmış öğretimin öğrencilerin bireysel farklılıklarını dikkate alarak öğrenme sürecini daha kapsayıcı ve etkili hâle getirebileceğini vurgulamaktadır. Bu ğretim yaklaşımının, öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyleri, ilgi alanları ve öğrenme stillerine uygun stratejiler geliştirerek akademik başarıyı artırdığı belirtilmektedir. Araştırma, farklılaştırılmış öğretimin; ğrenci motivasyonunu artırmada, öğrenmeye karşı sahiplenme duygusunu geliştirmede ve daha esnek, anlamlı öğrenme ortamları oluşturmada önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, uygulama sürecinde öğretmenlerin karşılaştığı en büyük zorluklar arasında etkili planlama, değerlendirme süreçlerinin yönetimi ve kaynak yetersizliği yer

almaktadır. Bu nedenle, başarılı bir farklılaştırılmış öğretim uygulaması için öğretmenlerin sürekli mesleki gelişim desteğine, iş birliğine dayalı öğrenme topluluklarına ve veri temelli karar mekanizmalarına ihtiyaç duyduğu ifade edilmektedir. Ayrıca çalışmada, bu yaklaşımın farklı branşlar, sınıf düzeyleri ve kültürel bağlamlarda etkisinin araştırılmasına yönelik ileri düzeyde çalışmalara ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır. Ramaila'ya (2025) göre, teknolojinin ve dijital araçların entegrasyonu, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerini zenginleştirerek farklılaştırılmış öğretimin potansiyelini daha da artıracaktır.

Bhardwaj, Zhang, Tan ve Pandey (2025), öğrenci merkezli yaklaşımların bireysel öğrenme sorumluluğunu artırarak öğrencilerin akademik ve kişisel gelişimlerine önemli katkılar sunduğunu ifade etmektedir. Özellikle öğrencinin ilgi alanlarını temel alan bu yaklaşım, onların bağımsız araştırma yapmalarına ve kendi öğrenme süreçlerini yönetmelerine imkân tanımaktadır. Öğrencilerin kendi belirledikleri konular üzerinden araştırma soruları oluşturmaları, bağımsız projeler yürütmeleri ve öğrenme sürecine aktif katılım sağlamaları; içsel motivasyonlarını artırmakta ve derinlemesine öğrenmeyi desteklemektedir. Araştırmalar, öğrencilerin pedagojik karar alma süreçlerine katılımının; motivasyon ve derse yönelik bağlılık düzeylerini anlamlı şekilde yükselttiğini göstermektedir (Bhardwaj vd. 2025).

Martín-Alguacil ve Avedillo (2024), veterinerlik eğitimi bağlamında gerçekleştirdikleri çalışmada, öğrenci merkezli aktif öğrenme (SCAL) yöntemlerinin öz yönelimli öğrenme, eleştirel düşünme, problem çözme ve yaşam boyu öğrenme gibi üst düzey bilişsel becerilerin gelişiminde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmada, farklı bilişsel düzeylerde yapılandırılmış değerlendirme araçları ile bu becerilerin kazanımı ölçülmüş ve öğrencilerin bu becerileri uzun vadede etkili biçimde kullanabildikleri belirlenmiştir (Martín-Alguacil ve Avedillo 2024). Her ne kadar araştırma yükseköğretim düzeyindeki veterinerlik öğrencileri ile gerçekleştirilmiş olsa da söz konusu becerilerin ortaokul düzeyinden itibaren geliştirilmeye başlanması gerektiği göz önünde bulundurulduğunda, bu sonuçların daha erken yaş gruplarına da genellenebilir nitelikte olduğu söylenebilir.

Arianto ve Hanif (2024) tarafından yapılan araştırma, ilkokul düzeyindeki öğrencilerde üstbilişsel (metacognitive) stratejilerin öğrenme öz-yeterliği üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Çalışmada, üstbilişsel stratejileri kullanan öğrencilerin öz-yeterlik düzeylerinin daha yüksek olduğu görülmüş; bu durumun öğrencilerin kendi öğrenmelerini izleme, değerlendirme ve düzenleme becerilerinin gelişmesine katkı sağladığı belirtilmiştir. Ancak aynı çalışmada, problem çözme becerileri açısından üstbilişsel strateji kullanan öğrencilerin, bu stratejileri kullanmayanlara göre daha düşük performans sergiledikleri dikkat çekmiştir. Ayrıca, öz-düzenleme düzeyi ile öz-yeterlik arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanırken; öz-düzenleme düzeyinin problem çözme becerisi üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı belirtilmiştir. Bu bulgular, öz-yeterlik, metabilis ve öz-düzenleme gibi değişkenlerin birbirleriyle ilişkili olduğunu ancak problem çözme becerilerinin bu değişkenlerden bağımsız olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Araştırmacılar, öğretmenlerin öğrencilerin öz-yeterlik inançlarını geliştirmek amacıyla üstbilişsel stratejileri daha yaygın ve sistematik biçimde uygulamaları gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, özellikle fen öğrenme bağlamında problem çözme becerilerinin geliştirilmesi için bu stratejilerin özel olarak yapılandırılması ve gelecekte özel olarak incelenmesi gerektiği önerilmektedir (Arianto ve Hanif 2024).

Osborne, Zucker ve Pimentel (2023), bilimsel yanlış bilgilerin etkili biçimde ele alınmasının toplum adına yapılabilecek en önemli katkılardan biri olduğunu vurgulamakta ve K-12 düzeyindeki öğrencilerin bilimsel ve teknolojik bilgiye ilişkin kaynakların güvenilirliğini değerlendirme becerileriyle donatılmasının gerekliliğini savunmaktadır. Araştırmacılar, öğrencilerin gelecekte karşılaşacakları bilimsel bilgilerin çoğunun okulda öğrendiklerinin ötesinde karmaşık olacağını, bu nedenle doğrudan bilginin içeriğini değerlendirmekten ziyade, bilginin kaynağının güvenilirliğini sorgulama yetkinliğinin kazandırılmasının daha etkili bir yaklaşım olduğunu belirtmektedirler (Osborne vd. 2023).

Jonathan Osborne, Russ Altman ile gerçekleştirdiği röportajında (2023) bilimsel yanlış bilgilerin yaygınlığı ile mücadelede bireylerin üç temel soruyu sormaları gerektiğini vurgulamaktadır. İlk olarak, bir bilimsel iddiayı ortaya koyan kişi veya kurumun çıkar

çatışması olup olmadığının değerlendirilmesi gerekmektedir. İkinci olarak, iddiada bulunan kişinin veya kurumun ilgili bilim dalında uzman ve güvenilir bir bilim insanı olup olmadığı sorgulanmalıdır. Son olarak ise, bilimsel bilginin amacı olan bilimsel uzlaşa dikkate alınmalı, eğer bir kişi genel kabul görmüş uzlaşaya karşı çıkıyorsa, bu kişinin alanında uzman olması ve güçlü kanıtlara sahip olması beklenmelidir (İnt.Kyn.2)

Oliveira ve Bonito (2023) tarafından yapılan sistematik literatür incelemesi, fen eğitiminde uygulamalı çalışmaların üç temel amaca hizmet ettiğini göstermektedir: materyallerle doğrudan etkileşim sağlayarak “hands-on” öğrenmeyi desteklemek, bilimsel süreçlerle ilişkili becerilerin geliştirilmesini sağlamak ve “minds-on” yaklaşımı ile kavramsal anlayışı güçlendirmek. Bu birleşim, öğrencilerin bilimsel süreci daha iyi anlamalarını, motivasyonlarının artmasını ve bilimsel okuryazarlıklarının gelişmesini sağlar. Ayrıca, uygulamalı çalışmaların öğrencilerin araştırma becerilerini geliştirmede kritik bir rolü olduğu ve bu sayede öğrencilerin bilim insanlarının çalışma biçimlerine daha yakın deneyimler kazandıkları vurgulanmıştır. Bu tür etkinliklerin başarılı olabilmesi ise öğretmenlerin yeterli eğitimi almasına bağlıdır (Oliveira ve Bonito 2023).

Bu çalışma kapsamında ortaya konan öğrenci merkezli öğretim ve rehberlik yeterlikleri, güncel literatürdeki bilimsel bulgularla uyumlu ve tutarlı bir şekilde şekillenmiştir. Öğrencilerin bireysel öğrenme hızları ve ilgi alanlarına uygun özelleştirilmiş eğitim planları oluşturma gerekliliği (Yılmaz 2024, Ramaila 2025), yapay zekâ destekli sistemlerin kişiselleştirilmiş öğrenme süreçlerini destekleme kapasitesi ile bilimsel temellere dayanmaktadır. Yılmaz (2024), yapay zekânın özellikle risk altındaki öğrencilerin erken tespiti ve gerçek zamanlı geribildirim sağlamadaki rolüne dikkat çekmekte, böylece öğretmen rehberliğinin etkinliğinin artırılabilirliğini belirtmektedir. Öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini yönetmelerine ve aktif katılım sağlamalarına yönelik yaklaşımlar (Bhardwaj vd. 2025, Martín-Alguacil ve Avedillo 2024) bu temada öne çıkan temel unsurlar arasında yer almaktadır. Özellikle Bhardwaj ve arkadaşlarının (2025) vurguladığı gibi, öğrenci merkezli yaklaşımlar bireysel öğrenme sorumluluğunu ve içsel motivasyonu artırmakta, bu da öğrencilerin derse bağlılıklarını güçlendirmektedir. Bu yaklaşımın etkisi, üst bilişsel stratejilerin öğrenme öz-yeterliği

üzerindeki olumlu etkileriyle (Arianto ve Hanif 2024) desteklenmektedir; zira öğrencilerin kendi öğrenmelerini izleyip düzenleyebilmeleri, öğrenme süreçlerinde daha etkin rol almalarını sağlamaktadır.

Bilimsel yanlış bilgi ve bilgi kirliliğine karşı bilinçlendirme boyutu, öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesiyle doğrudan ilişkilidir (Osborne vd. 2023, İnt.Kyn.2). Bu bağlamda, öğrencilerin sadece bilgiyi ezberlemeleri değil, bilgiyi üreten kaynakların güvenilirliğini sorgulayabilmeleri önemli bir yeterlik olarak öne çıkmaktadır. Öğrenci merkezli öğretim, öğrencilerin veriye dayalı düşünme ve bilimsel araştırma yapma becerilerinin gelişimine imkân tanıyarak, öğrenme ortamlarının aktif, keşfe dayalı ve anlamlı olmasını sağlamaktadır (Oliveira ve Bonito 2023).

Sonuç olarak, 3. temada belirlenen yeterlikler, öğrenci merkezli öğretim ve rehberlik uygulamalarının hem bireysel farklılıkları gözeten hem de öğrenmenin kalıcılığını artıran yaklaşımlar olduğunu göstermektedir. Bu yeterliklerin hayata geçirilmesi, öğretmenlerin teknoloji entegrasyonu, pedagojik yetkinlikler ve etik değerlere dayalı rehberlik becerilerini geliştirmesine bağlıdır. Ayrıca, sürdürülebilir öğrenme ortamları oluşturabilmek için öğretmenlerin sürekli mesleki gelişim desteği almaları ve etkin planlama ile değerlendirme süreçlerini yönetmeleri gerekmektedir (Ramaila 2025). Böylelikle, öğrencilerin kendi öğrenmelerinin aktif aktörü olmaları, bilimsel bilgiye eleştirel yaklaşabilmeleri ve kendilerine uygun öğrenme stratejilerini kullanmaları mümkün hale gelecektir.

5.1.4 Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç

Enciso ve Bueno (2024), bilim eğitimi alanındaki öğrenciler arasında akademik dürüstlüğü korumaya yönelik stratejilerin geliştirilmesinin hem bireysel hem de kurumsal düzeyde önemli sonuçlar doğurduğunu vurgulamaktadır. Araştırmada, intihal eğilimlerinin zaman baskısı, başarısızlık korkusu, özgüven eksikliği, rekabet ortamı, erteleme davranışı ve dış beklentiler gibi etmenlerden kaynaklandığı ortaya konulmuştur. Bu durum, öğrencilerin karşılaştığı akademik ve psikolojik zorlukların, etik dışı davranışlara yönelme riskini artırdığını göstermektedir. Yazarlar, bu sorunların

üstesinden gelinmesinde net politikaların, eğitimsel müdahalelerin, teknolojik araçların entegrasyonunun ve sürekli değerlendirmenin kilit rol oynadığını belirtmektedir. Bu bağlamda, bilim eğitimi alanında akademik dürüstlüğün geliştirilmesi için yapılandırılmış eğitim programlarının uygulanması, öğrencilere etik araştırma becerileri kazandırılmasında ve bilimsel çalışmalarda intihalden uzak durmalarında önemli bir destek sağlayacaktır (Enciso ve Bueno 2024).

Akademik bütünlüğün korunması, yalnızca etik davranışı teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda öğretim, öğrenme ve araştırma süreçlerinin geçerliliğini ve güvenilirliğini de teminat altına alır. Uluslararası Akademik Dürüstlük Merkezi (ICAI), akademik bütünlüğü; dürüstlük, güven, adalet, saygı, sorumluluk ve cesaret olmak üzere altı temel değere bağlılık olarak tanımlamaktadır. Bu değerler, akademik toplulukların etik karar alma süreçlerini geliştirmelerine ve değerleri eyleme dönüştürmelerine olanak tanır (International Center for Academic Integrity [ICAI] 2021). ICAI'ye göre, akademik kurumların yalnızca ihlal edilen davranışları değil, aynı zamanda bu temel değerleri açık bir biçimde tanımlayarak ve teşvik ederek daha güçlü bir etik kültür inşa etmeleri gerekmektedir. Bu yaklaşım, bireylerin yalnızca akademik ortamda değil, aynı zamanda toplum yaşamında da etik ilkeleri içselleştirmesine katkı sağlamaktadır.

Kültürel açıdan duyarlı bir eğitim yaklaşımı, öğrencilerin kendi kültürel referans çerçevelerinden güç alarak öğrenme süreçlerini daha etkili ve anlamlı hale getirmelerini sağlar. Bu nedenle öğretmenlerin, öğrencilerinin ait oldukları kültürleri derinlemesine tanımaları; bu kültürlerin öğrenme davranışlarına etkilerini kavramaları, sınıf içi etkileşimlerini ve öğretim yöntemlerini bu farklılıkları kapsayacak şekilde dönüştürmeleri gerekmektedir. Aynı zamanda, öğretmenlerin öğrencilere sadece akademik bilgi kazandırmakla kalmayıp, onları toplumsal ve siyasal açıdan bilinçli bireyler olarak yetiştirmeleri büyük önem taşır. Öğrenciler, toplumsal adaletsizlikleri eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirmeyi ve bu adaletsizlikleri gidermek için aktif bir şekilde sorumluluk almayı öğrenmelidir. Bu bilinç, öğrencilerin politikacılara ya da gazetelere sosyal konularla ilgili mektuplar yazmaları veya ihtiyaç sahipleri için yardım kampanyalarına katılmaları gibi etkinliklerle geliştirilebilir (Education Northwest 2016).

Bilim öğreniminde öğrencilerin sahip oldukları dilsel ve kültürel birikimlerin fark edilmesi ve bu birikimlerin sınıf ortamına dahil edilmesi, öğrencilerin derse olan katılımını ve aidiyet duygusunu artırmaktadır. Özellikle öğrencilerin “öteki” olarak görülmedikleri, değerli hissettikleri sınıf ortamlarında bilimsel öğrenmeye daha istekli yaklaştıkları gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin kendi topluluklarında bilgiyi nasıl tanımlayıp inşa ettiklerine dair farklı bakış açılarını paylaşmaları, sınıf içi konuşmaları zenginleştirmekte ve her öğrencinin (ve öğretmenin) kendi kültürel kimliğini olumlu biçimde geliştirmesine katkı sağlamaktadır (İnt.Kyn.3).

Bilim öğretmenlerinin, özellikle iklim değişikliği gibi tartışmalı konularda ortaya çıkan yanlış bilgilere karşı öğrencileri hazırlaması, bilim okuryazarlığını geliştirmek açısından büyük önem taşımaktadır. NOAA (2024) tarafından yayımlanan bir çalışmada, bu tür yanlış bilgilerin etkisini azaltmak ve eleştirel düşünmeyi desteklemek amacıyla “aşırı teorisi” temel alınarak geliştirilen “yanılgıya dayalı öğrenme” yaklaşımı önerilmektedir. Bu yaklaşım, bireylerin zayıf biçimde sunulan yanlış bilgilerle önceden karşılaşmalarını sağlayarak, onları daha güçlü dezenformasyonlara karşı dirençli hâle getirmeyi hedeflemektedir. Eğitimde uygulanan bu modelde, bilimsel kavramlar doğrudan yanlış anlamalarla yüzleştirilerek öğretilmekte; böylece öğrencilerin tartışma becerileri, eleştirel düşünme yetenekleri ve derse olan ilgileri artmaktadır. Araştırmalar, bu yöntemin geleneksel öğretimden daha kalıcı ve etkili öğrenme sağladığını göstermektedir (NOAA 2024).

Birleşmiş Milletler’in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları’nın 13., 14. ve 15. hedefleri, iklim değişikliğiyle mücadele, okyanus ve denizlerin korunması ile karasal ekosistemlerin sürdürülebilir yönetimini küresel ölçekte önceliklendirir. İklim eylemi hedefi, ülkelerin iklimle ilişkili afetlere karşı direnç ve uyum kapasitesini güçlendirmeyi, ulusal politikalarına iklim değişikliği önlemlerini entegre etmeyi ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde kapasite artırımı sağlamayı amaçlar. Deniz yaşamı hedefi, kirliliğin önlenmesi, deniz ve kıyı ekosistemlerinin korunması ve aşırı avlanmanın engellenmesi gibi somut adımlarla deniz sağlığını iyileştirmeye odaklanır. Karasal yaşam hedefi ise ormanların sürdürülebilir yönetimi, biyolojik çeşitliliğin korunması, çölleşme ve arazi bozulmasının önlenmesi gibi kritik alanlarda kapsamlı

eylemler gerektirir. Bu hedefler, eğitim programlarında öğrencilere yalnızca çevresel sorunları öğretmekle kalmayıp, aynı zamanda onların çözümün aktif parçaları olmalarını sağlayacak bilgi, beceri ve bilinç kazandırmanın önemini vurgular (United Nations 2015).

Öğretmenlerin ve öğrencilerin yapay zeka veya üretken yapay zeka içeriklerini eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, aşağıdaki sorular dikkate alınmalıdır: AI tarafından üretilen içerik ne kadar doğru ve güvenilirdir? Doğruluğunu test etmek için hangi yöntemler kullanılabilir? AI çıktıları dışındaki güvenilir kaynaklar bu bilgileri doğrulayabilir mi? Üretilen bilgiler, öğrencilerin konuya bakış açılarını nasıl etkiliyor? Ayrıca, AI tarafından kullanılan verilerde hangi gruplar temsil ediliyor ve bu veriler kapsayıcı mı? Son olarak, büyük dil modellerinin (LLM) öğrencilerin girdilerini topladığı bilinmektedir; bu nedenle öğrencilerin veri gizliliklerini koruyabilmeleri için bu durumdan haberdar edilmeleri gerekmektedir. Bu farkındalık, etik ve sorumlu yapay zeka kullanımının temel taşlarından biridir (Cornell University 2023).

Bilgi üretme ve paylaşma süreçlerinde akademik dürüstlük ilkelerinin benimsenmesi bilim eğitiminin temelinde yer almaktadır. Enciso ve Bueno (2024), akademik dürüstlüğün sağlanmasında yapılandırılmış programların ve net politikaların önemine dikkat çekerek, öğrencilerin intihal gibi etik dışı davranışlara yönelmelerini önlemede bu yaklaşımların etkili olduğunu belirtmiştir. Akademik bütünlüğün korunması, yalnızca etik davranışı teşvik etmekle kalmayıp, aynı zamanda öğretim ve araştırma süreçlerinin güvenilirliğini sağlamaktadır (International Center for Academic Integrity [ICAI] 2021). Bu bağlamda, bilimsel etik ilkeleri, öğrencilerin bilimsel bilgi üretme sürecinde güvenilir ve sorumlu bireyler olarak yetiştirilmesini desteklemektedir.

Öğrencilere farklı kültürel ve toplumsal bakış açılarını anlamaları konusunda rehberlik edilmesi eğitimde kapsayıcılık ve kültürel duyarlılık anlayışını güçlendirmektedir. ElSayed ve Daehler (İnt.Kyn.3), kültürel birikimlerin sınıf ortamına dahil edilmesinin öğrencilerin aidiyet duygusunu ve derse katılımını artırdığını vurgulamıştır. Öğretmenlerin, öğrencilerinin ait oldukları kültürleri tanıması ve bu kültürel çeşitliliği

öğrenme süreçlerine entegre etmesi, bilimsel öğrenmenin daha anlamlı ve etkili olmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda öğrencilerin toplumsal ve siyasal açıdan bilinçlenmeleri, adalet duygusunun geliştirilmesi ve sorumluluk almaya yönlendirilmesi eğitimde değerler eğitiminin vazgeçilmez unsurlarındandır (Education Northwest, 2016).

Bilimsel bilgiye dayanmayan yanlış yönlendirmeler karşısında öğrencilerin bilinçlendirilmesi günümüz eğitim politikalarının önemli bir gerekliliğidir. NOAA (2024) tarafından önerilen “yanılgıya dayalı öğrenme” yaklaşımı, özellikle iklim değişikliği gibi karmaşık ve tartışmalı bilimsel konularda yanlış bilgilerin etkisini azaltmada etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini güçlendirirken, bilim okuryazarlığının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve doğal kaynakların korunması konularında öğrencilerin bilinçlendirilmesi küresel ölçekteki çevresel hedeflerin eğitim yoluyla desteklenmesi anlamına gelir. Birleşmiş Milletler’in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları kapsamında (United Nations, 2015), öğrencilerin çevresel sorunlara ilişkin bilgi ve sorumluluk duygusuyla donatılması; onların hem bireysel hem de toplumsal düzeyde aktif çözüm ortakları olmalarını teşvik etmektedir. Son olarak, yapay zekâ, veri analizi ve biyoteknoloji gibi alanlarda etik kurallara uygun hareket edilmesi bilim eğitiminde yeni dönemin en kritik yetkinliklerinden biridir. Cornell University (2023) tarafından belirtildiği üzere, öğretmenler ve öğrenciler, yapay zekâ tarafından üretilen içeriklerin doğruluğunu sorgulamalı, bu içeriklerin kapsayıcılığını değerlendirmeli ve veri gizliliği konusunda bilinçlenmelidir. Bu farkındalık, teknolojinin etik ve sorumlu kullanımını mümkün kılarak, bilimsel etik değerlerin dijital çağda da sürdürülmesini sağlar.

Bu çerçevede, 4. tema kapsamındaki yeterlik maddeleri, bilim eğitiminde etik ve değerler eğitiminin bütüncül bir yaklaşım ile ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Akademik dürüstlük, kültürel duyarlılık, bilimsel bilgiye dayalı eleştirel bilinç, sürdürülebilirlik bilinci ve teknolojinin etik kullanımı, çağdaş fen

öğretmenlerinin sahip olması gereken temel yeterlikler olarak öne çıkmaktadır. Bu unsurlar hem bireysel gelişim hem de toplumun etik ve bilimsel değerlerle donatılması açısından vazgeçilmezdir.

5.1.5 Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç

Eğitim sistemlerinin temel sorumluluklarından biri, sosyal adaleti destekleyen ve tüm öğrencilerin kültürel farklılıklarını kabul eden kapsayıcı öğrenme ortamları sunmaktır. Öğrencilerin kültürel kimliklerine saygı duyan ve onları eğitim sürecine etkin biçimde dahil eden yaklaşımlar, sosyal bütünleşmeyi, uyumu ve genel iyilik halini artırarak daha kapsayıcı toplumların inşasına katkı sağlar. Bu bağlamda, Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT), çoklu anlatım yolları, görsel materyaller, akran öğretimi, iş birliğine dayalı öğrenme ve farklı değerlendirme yöntemlerinin Kapsayıcı Eğitim ve Farklılaştırılmış Öğretim ilkeleri doğrultusunda eğitim sürecine entegre edilmesi, çokkültürlü sınıfların kapsayıcı eğitim ortamlarına dönüşmesini kolaylaştırmaktadır. Bu tür yaklaşımlar yalnızca öğrencilerin akademik başarısını artırmakla kalmaz; aynı zamanda onların bağımsız, yetkin bireyler olarak mesleki fırsatlara erişmelerini ve hem kendilerinin hem de içinde bulundukları toplumun refahını güvence altına almalarını da destekler (Malisiova ve Folia 2024).

Fen eğitiminde çeşitlilik ve kapsayıcılığın ele alınması, öğretmenler açısından önemli bir zorluk teşkil etmektedir; çünkü öğretmenlerin, sınıf içerisindeki tüm öğrencilerin bireysel gereksinimlerine yanıt verebilecek kişiselleştirilmiş öğretim becerilerini geliştirmeleri gerekmektedir. Covid-19 pandemisi sırasında başlatılan DiSSI (*Diversity in Science toward Social Inclusion – Toplumsal Katılım için Fen Eğitiminde Çeşitlilik*) projesi, çevrim içi platformlar aracılığıyla yürütülmesine rağmen proje ortakları arasında güvene dayalı ilişkilerin gelişmesini sağlamış ve ortaklıkların sürekliliğini desteklemiştir. Proje kapsamında hem hizmet öncesi hem de hizmet içi öğretmenlere kapsayıcı fen öğretimi konusunda eğitici çalışmalar sunulmuş ve bu yaklaşım çeşitli okul müfredatlarına entegre edilmiştir. Bu süreçte okul yöneticileri ve politika yapıcılarla güçlü iş birlikleri kurulmuştur. Projenin temel hedefi, dezavantajlı grupların

fen eğitimine sosyal katılımını artırmak ve bu öğrencilerin bilimi kişisel kimliklerinin bir parçası olarak görmelerini teşvik etmek olmuştur. DiSSI projesi, farklı kültürel arka planlardan gelen öğrencilerin çeşitli ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik etkili uygulamaların geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi açısından iyi örnekler sunmuştur (Mamluk-Naaman 2024).

Pandemi, savaş ve doğal afetler gibi kriz durumlarında eğitimin sürekliliğinin sağlanabilmesi için öğretmenlerin kriz odaklı stratejik planlamalara hâkim olmaları gerekmektedir. Krize duyarlı planlama, yalnızca eğitimin devamlılığını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda öğrencileri şiddet, istismar ve erken yaşta evlilik gibi risklerden koruyarak güvenli bir öğrenme ortamı oluşturur. Bu doğrultuda öğretmenlerin, kriz öncesi hazırlık, kriz anı müdahalesi ve kriz sonrası iyileştirme süreçlerinde aktif rol üstlenmeleri önem taşır. Ayrıca, eğitimde kapsayıcılığı ve eşitliği sağlayacak biçimde en dezavantajlı, en marjinalize grupları da gözeterek öğrenme fırsatlarını sürdürülebilir kılmaları beklenmektedir. Öğretmenlerin yerel riskleri tanıma, veriye dayalı eğitim kararlarını destekleme ve çeşitli kriz senaryolarına uyum sağlayacak öğretim yöntemlerini benimseme becerileri, krizlere karşı dayanıklı eğitim sistemlerinin inşasında kritik önemdedir (Geneva Global Hub for Education in Emergencies 2024).

Bilim eğitiminin kapsayıcı hale getirilmesi, yalnızca öğretmenlerin değil, politika yapıcılarının, öğretmen eğitimcilerinin, okulların ve ailelerin ortak sorumluluğundadır. Bu bağlamda, öğrencilerin bilim insanı kimliğiyle özdeşleşmelerini kolaylaştırmak için dezavantajlı geçmişe sahip bilim insanlarının hikâyelerine yer verilmesi ve yerel rol modellerle etkileşim kurulması önerilmektedir. Ayrıca, bilimsel yeterliklerin herkes tarafından geliştirilebileceği anlayışıyla, günlük yaşamla ilişkili disiplinlerarası etkinlikler ve ilgi çekici konular (örneğin uzay keşfi, çevre koruma) aracılığıyla bilim eğitimine erişim artırılabilir. Bilimin gündelik yaşamdaki uygulamalarının (örneğin sağlık, ulaşım, teknoloji) öğrencilere gösterilmesi, onların bilimsel kariyer hedeflerini şekillendirmede etkili olabilir. Bunun yanı sıra, ailelerin bilimsel medya araçları yoluyla çocuklarının bilim merakını desteklemeleri, eğitimin tamamlayıcı bir unsur olarak önem taşımaktadır (İnt.Kyn.4).

Amerikan Biyoloji Öğretmenleri Derneği'ne (National Association of Biology Teachers [NABT], 2021) göre, biyoloji eğitiminde eşitlik, yalnızca tüm öğrencilerin ders materyallerine, ekipmanlara ve öğrenme fırsatlarına erişimini sağlamakla sınırlı değildir; aynı zamanda sosyoekonomik durum, ırk, etnik köken, cinsiyet, engellilik durumu, dil yeterliliği, cinsel yönelim ve coğrafi konum gibi değişkenlere bağlı olarak ortaya çıkan yapısal eşitsizliklerin farkında olmayı ve bu eşitsizlikleri aktif biçimde ele almayı da gerektirir. NABT'ye (2021) göre, eşitlik temelli bir biyoloji öğretmeni; önyargısız, kapsayıcı ve kültürel olarak duyarlı bir eğitim ortamı yaratmalı, güncel bilimsel yaklaşımları temel almalı ve bilimsel yanlış anlamaların (örneğin, genetiğin eşitsizliği belirlediği ya da biyolojik ırkların var olduğu yanılgısı gibi) sınıf içinde yeniden üretilmesini önlemelidir. Öğrencilerin kültürel ve sosyal geçmişlerinin bilimsel bilgi edinimini etkilediği gerçeğinden hareketle, öğretmenler evrensel tasarım kuramı gibi kapsayıcı öğretim yaklaşımlarını benimsemeli, ders materyallerinde bilim insanı çeşitliliğine yer vermeli ve öğrencileri bilimsel kariyerlerin farklı alanlarına yönlendirmelidir. Bu çaba, yalnızca bireysel sınıf pratikleriyle sınırlı kalmamalı; aynı zamanda eğitim sistemlerinin ve kültürel yapıların kendisinin nasıl eşitsizlik üretebildiği üzerine sorgulamalar içermelidir (National Association of Biology Teachers [NABT] 2021).

Li ve arkadaşlarının (2025) yürüttüğü meta-analiz çalışmasında, dijital okuryazarlık (DL) ile akademik başarı arasında anlamlı ve orta düzeyde pozitif bir ilişki ($r = 0.240$) bulunduğu rapor edilmiştir. Araştırma, farklı sınıf düzeyleri, DL yönelimleri, ders konuları, örneklem yöntemleri ve cinsiyetler arasında bu ilişkinin anlamlı şekilde değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışmada, okulların öğrencilerin dijital okuryazarlık becerilerini geliştirmesi, dijital öğrenme ortamlarının inşasını güçlendirmesi ve dijital teknolojiyi öğretim süreçlerine entegre etmesi gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, öğretmenlerin ve ebeveynlerin özellikle ilkokul ve ortaokul düzeyindeki öğrencilere dijital araçların kullanımında rehberlik ederek, dijital teknolojinin olumlu ve olumsuz etkilerine yönelik farkındalıklarını artırmaları önerilmiştir. DL eğitiminin yalnızca teknik becerilerle sınırlı kalmaması; problem çözme, öz düzenleme ve dijital teknolojiyi ders bazlı kullanma gibi üst düzey becerileri de kapsamı gerektiği ifade edilmiştir (Li vd. 2025).

Digal, Areola ve Alava'nın (2024) pandemi sonrası Filipinler'in Iligan şehrindeki fen bilimleri öğretmenleriyle gerçekleştirdiği çalışmada, 50 hizmet içi öğretmenin dijital okuryazarlık düzeylerinin genel olarak “orta” seviyede olduğu belirlenmiştir. Araştırmada yalnızca yaş ve öğretmenlik deneyiminin dijital okuryazarlık düzeyleriyle negatif ilişki gösterdiği ortaya konmuştur; yani genç öğretmenlerin dijital okuryazarlık düzeylerinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle dijital içerik üretimi, dijital güvenlik ve dijital sorun çözme becerileri gibi alanlarda öğretmenlerin çoğunun “orta” düzeyde performans göstermesi, bu alanlarda mesleki gelişim ihtiyacını vurgulamaktadır. COVID-19 pandemisi sırasında öğretmenlerin dijital araçları kullanma eğiliminde oldukları ve bu yetkinliklerini uygulamaya geçirme konusunda istekli oldukları da belirtilmiştir (Digal vd. 2024).

Küreselleşme, göç, pandemi, savaş ve doğal afetler gibi kriz durumları, eğitim sistemlerinin kapsayıcılık, eşitlik ve süreklilik ilkeleri doğrultusunda yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda, geleceğin fen bilimleri öğretmenlerinin, farklı kültürel geçmişlere sahip öğrencileri kapsayıcı öğrenme ortamlarında bir araya getirebilmeleri, kriz durumlarında eğitimin sürekliliğini sağlayacak stratejilere hâkim olmaları, eğitimde fırsat eşitliğini gözeten yaklaşımlar geliştirmeleri ve öğrencilerin dijital bilgiye erişim, etik ve güvenlik farkındalıklarını artırmaları beklenmektedir.

Fen eğitiminde kapsayıcılığın sağlanması, yalnızca bireysel öğretim uygulamalarıyla sınırlı kalmamalı; aynı zamanda toplumsal eşitsizliklerle mücadeleyle yönelik sistemik bir bakış açısını da içermelidir (NABT 2021). Bu bağlamda öğretmenlerin, sosyoekonomik, kültürel ve bireysel farklılıkları dikkate alarak evrensel tasarım ilkelerine dayalı öğretim stratejileri geliştirmeleri ve farklı öğrenci gruplarının ihtiyaçlarına duyarlı öğretim ortamları tasarlamaları önem arz etmektedir (Malisiova ve Folia 2024).

Bu sürecin önemli bir örneği olan DiSSI projesi hem öğretmen eğitimi hem de politika düzeyinde etkili kapsayıcı fen öğretimi uygulamaları geliştirmeye olanak sağlamış, bilimsel kimliğin tüm öğrenciler için erişilebilir kılınmasına yönelik etkili stratejiler

sunmuştur (Mamlok-Naaman 2024). Benzer şekilde, kriz temelli stratejik planlama ve krize duyarlı öğretim becerileri, öğretmenlerin yalnızca pedagojik sorumluluklarını değil, aynı zamanda öğrencilerin sosyal güvenliklerini de gözeten bütüncül roller üstlenmelerini gerekli kılmaktadır (Geneva Global Hub for Education in Emergencies 2024).

Özellikle dijitalleşmenin eğitimi dönüştürdüğü günümüzde, öğretmenlerin dijital okuryazarlık becerilerinin gelişmiş olması, öğrencilerin dijital araçları bilinçli ve güvenli biçimde kullanmalarına rehberlik etmeleri açısından kritik bir yeterlik alanıdır (Li vd. 2025). Bu yeterlik, yalnızca teknik bilgiyle sınırlı kalmamalı; dijital ortamlarda eleştirel düşünme, etik kullanım ve dijital vatandaşlık gibi üst düzey becerileri de içermelidir.

Bu kapsamda Delphi süreciyle uzlaşıya varılan yeterlik maddeleri, fen bilimleri öğretmenlerinin küresel ve sosyal değişimlere uyum sağlama becerilerinin çok boyutlu doğasını ortaya koymaktadır: “Göç ve küreselleşmenin getirdiği farklı kültürel geçmişlerden gelen öğrencileri kapsayıcı bir eğitim ortamında buluşturabilmeli.” Bu madde, öğretmenlerin çokkültürlü sınıflarda kültürel çeşitliliği gözetimle farklılaştırılmış öğretim yaklaşımlarını benimsemeleri gerektiğini vurgular (Malisiova ve Folia 2024; NABT, 2021).

“Pandemi, savaş, doğal afetler gibi durumlarda eğitimin sürekliliğini sağlayacak stratejilere hâkim olmalı.” Kriz dönemlerinde eğitimde sürekliliğin sağlanması, öğretmenlerin kriz öncesi hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerinde stratejik roller üstlenmelerini gerekli kılmaktadır (Geneva Global Hub for Education in Emergencies 2024).

“Eğitime erişimde fırsat eşitliği sağlayacak yaklaşımlar geliştirebilmeli.” Bu yeterlik, dezavantajlı grupların bilim eğitimine erişimlerini artırmaya yönelik stratejiler geliştirme sorumluluğunu öğretmenlere yükler (Mamlok-Naaman 2024; NABT, 2021).

“Öğrencilerin bilgiye erişimi ve dijital etik konularında bilinçlenmelerine yardımcı olmalı.” Özellikle dijital okuryazarlık ve dijital medya farkındalığı konularında öğretmenlerin rehberlik rolleri ön plana çıkmakta; bu durum öğretmenlerin hem teknik hem de etik yeterliklerle donanımlı olmasını zorunlu kılmaktadır (Li vd. 2025, Dıgal vd. 2024).

Sonuç olarak, 2061 yılına yönelik öngörüler doğrultusunda fen bilimleri öğretmenlerinin, sosyal adalet, kültürel duyarlılık, kriz yönetimi ve dijital okuryazarlık gibi çok katmanlı yeterliklerle donanmış olmaları beklenmektedir. Bu yeterlikler, yalnızca bireysel öğretim etkinliklerinde değil; aynı zamanda daha eşitlikçi ve dayanıklı eğitim sistemlerinin inşasında da öğretmenleri anahtar aktörler haline getirmektedir.

5.1.6 Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç

Son yıllarda çevrim içi fen eğitimi uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte, öğrenci katılımını artırmaya yönelik stratejilerin etkinliği üzerine yapılan araştırmalar önem kazanmıştır. Bu bağlamda Garvida (2021) tarafından yürütülen çalışma, sekizinci sınıf öğrencilerinin çevrim içi fen deneylerine yönelik bilişsel, duyuşsal ve davranışsal katılımlarını inceleyerek önemli bulgular sunmuştur. Çalışmada, sanal laboratuvar simülasyonları, kayıtlı deney gösterimleri ve kendi hızlarında yürüttükleri deneyler olmak üzere üç farklı yöntem karşılaştırılmış; tüm stratejilerin öğrenci katılımını anlamlı biçimde desteklediği, ancak kendi hızlarında gerçekleştirilen deneylerin tüm boyutlarda bir miktar daha yüksek etki sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın pratik yansımaları arasında, öğretim programlarının etkileşimli içerikler, öğrenci özerkliğini destekleyen yöntemler ve aktif öğrenme uygulamaları ile yapılandırılması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, öğretmenlerin duyuşsal ve davranışsal katılımı artırmak amacıyla sınıf ortamında destekleyici ve kapsayıcı bir iklim oluşturmalarının önemi belirtilmiştir. Teknolojik araçların etkin kullanımı, sanal laboratuvarların ve deney videolarının öğrenme süreçlerine entegrasyonu yoluyla çevrim içi fen eğitiminin daha erişilebilir ve ilgi çekici hale getirilebileceği vurgulanmıştır (Garvida 2021).

Amanda Moraes'in "*Etkileşimli ve Etkili Çevrim İçi Öğrenme İçin Katılımı Artırmaya Yönelik 6 Strateji*" başlıklı yazısında çevrimiçi özel derslerde öğrenci katılımını artırmak için altı etkili strateji sunulmaktadır. Bu stratejiler, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre öğrenme yollarının kişiselleştirilmesi, anlamlı ödevlerin hazırlanması, öğrencilerin değerlendirme sürecine dahil edilmesi, topluluk duygusunun geliştirilmesi, oyunlaştırma yöntemlerinin kullanılması ve ders dışı etkileşimi artıracak materyallerin benimsenmesini içermektedir (Moraes 2023).

Cuccolo ve Green'in (2024) Michigan Virtual tarafından yayımlanan çalışmasına göre, öğrencilere zamanında dönüt vermek, sıcak ve kapsayıcı bir dil kullanmak ve geri bildirimleri öğrencinin kişisel özelliklerine göre (örneğin ismi, ilgi alanları) özelleştirmek, öğrenciyle daha anlamlı bir bağ kurulmasını sağlamaktadır. Ayrıca, öğretmenlerin e-posta ve öğrenme portalı gibi araçları etkili kullanmaları; sık sorulan sorular için kaynaklar hazırlamaları ve öğrencilerin metabilişsel becerilerini destekleyici iletişim stratejileri geliştirmeleri önerilmektedir. Bu iletişim uygulamalarının, öğretmenlerin mesleki gelişim süreçlerinde sürekli olarak ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Cuccolo ve Green 2024).

Ong ve Quek (2023), çevrim içi öğrenme ortamındaki öğretim desteği, değerlendirme stratejileri, öğrencilerin sosyal etkileşimleri ve içeriğin öğrencilerin yaşamlarıyla bağlantısı gibi değişkenlerin, öğrencilerin çevrim içi derse katılım düzeylerini anlamlı biçimde yordadığını belirtmektedir. Özellikle içeriğin kişisel anlam taşıması (personal relevance), öğrenci katılımında belirleyici bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda, öğretmenlerin ders içeriklerinin öğrencilerin günlük yaşamıyla ilişkisini açıklamaları, öğrencilerin dersi anlamlı bulmalarını sağlayabilir. Ayrıca, öğrencilerin tercih ettiği öğretim ve sınıf yönetimi stratejilerinin bilinmesi, öğretmenlerin çevrim içi ders tasarımlarını daha etkili kılabilir. Bununla birlikte, öğretmenlerin yalnızca pedagojik alan bilgisi (PCK) değil, aynı zamanda teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPACK) açısından da donanımlı olması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu nedenle, öğretmenlerin teknoloji entegrasyonu konusunda iş birliği yaparak kaynak ve strateji paylaşımı gerçekleştirmeleri, çevrim içi öğrenme deneyimini zenginleştirebilir (Ong ve Quek 2023).

Günümüzde dijital ve fiziksel öğrenme ortamlarının bütünleşik olarak tasarlanması, öğrenme süreçlerinin niteliğini artırmak adına önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen DTALE (Designing Technology-Advanced Learning Environments – Teknoloji Destekli Öğrenme Ortamlarının Tasarımı) modeli, dijital ve fiziksel alanların bilinçli bir şekilde eğitim amaçlı kullanılmasını sağlayan bütüncül bir çerçeve sunmaktadır. Tondeur, Howard, Carvalho ve arkadaşları (2024), bu modelin öğrenme ortamlarının amacına uygun olarak yapılandırılmasını teşvik ettiğini ve öğretmenlerle öğrencilerin eğitim faaliyetlerinin niteliğini artırabileceğini vurgulamaktadır. Çalışmada sunulan örnek olaylar, dijital teknolojilerin öğretim ortamlarını dönüştürme potansiyelini ve yeni pedagojik uygulamaları mümkün kıldığını açıkça ortaya koymaktadır. Bu bağlamda DTALE modelinin, sadece öğretmenler için değil, aynı zamanda okul yöneticileri ve eğitim yapıları tasarlayan mimarlar için de öğrenme ortamları konusunda bilinçli kararlar almayı kolaylaştırabileceği ifade edilmektedir (Tondeur vd. 2024).

Uzaktan öğretimde öğrencilerin bilişsel başarılarını ve öğrenmeye yönelik tutumlarını geliştirmek amacıyla aktif öğrenme stratejilerinin etkili olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Nitekim Rakha (2025) tarafından yürütülen bir çalışmada, beden eğitimi ve özsavunma sporlarının öğretim yöntemleri dersinde çevrim içi aktif öğrenme stratejilerinin kullanımı, öğrencilerin hem bilişsel başarılarında hem de öğrenmeye karşı tutumlarında anlamlı artışlar sağlamıştır. Müdahale sonrasında yapılan izleme değerlendirmeleri, öğrenme kazanımlarının kalıcılığını da doğrulamıştır. Ayrıca öğrenciler, aktif öğrenme süreçlerinin bilişsel, duyuşsal ve davranışsal yönlerine dair olumlu geri bildirimlerde bulunmuştur. Bu bulgular, çevrim içi eğitimin etkinliğini artırmak için öğrencilerin ihtiyaçlarının belirlenmesi, aktif öğrenme becerilerinin kazandırılması, uygun teknolojik donanım erişim sağlanması ve öğretmenlerin aktif öğrenme uygulamaları konusunda desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir (Rakha 2025).

Vorsah & Oppong, (2024), fen bilimleri sınıflarında aktif öğrenmenin geleceğine dair vizyonlarını, yapay zekânın dönüştürücü gücü etrafında yapılandırmışlardır. Çalışmada, yapay zekânın öğrenme deneyimlerini kişiselleştirme, öğrenci performansına dair

gerçek zamanlı veriler sunma ve etkileşimli öğrenme ortamları yaratma potansiyeline dikkat çekilmiştir. Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) gibi yeni teknolojilerin, soyut bilimsel kavramları öğrenciler için daha somut ve anlaşılır kılacağı vurgulanarak, yapay zekâ destekli aktif öğrenme stratejilerinin öğrenme sürecini daha derinlikli ve merak uyandırıcı hâle getireceği ileri sürülmüştür. Yazarlar, teknolojik gelişmelerin yanı sıra pedagojik yaklaşımlar ve sürekli öğretmen eğitiminin de bu dönüşümün ayrılmaz parçaları olduğunu belirtmiş; öğretmenlerin YZ okuryazarlığı ve teknik yeterliklerle donatılmasının önemine değinmişlerdir. Ayrıca, geleceğin zorluklarını ve fırsatlarını iyi yönetebilmek için sürdürülebilir mesleki gelişim programlarına ve tüm öğrenciler için eşit teknoloji erişimine ihtiyaç olduğu ifade edilmiştir.

Bu araştırmada ulaşılan bulgular doğrultusunda, dijital ve fiziksel sınıf yönetimi becerilerinin 2061 yılı fen bilimleri öğretmenlerinin mesleki yeterlikleri arasında stratejik bir öneme sahip olacağı öngörülmektedir. Özellikle çevrim içi eğitim ortamlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, öğrenci katılımını artıran stratejilerin belirlenmesi, öğretmenlerin bu ortamlarda etkili sınıf yönetimi uygulamaları gerçekleştirebilmeleri açısından kritik bir alan olarak ön plana çıkmaktadır (Garvida 2021, Moraes 2023).

Katılımcı uzlaşısı ile belirlenen yeterlik maddeleri, çevrim içi derslerde öğrenci-öğretmen etkileşiminin niteliğini artırma, dijital ortamlarla fiziksel sınıf uygulamalarını bütünleştirme ve aktif öğrenmeye dayalı uzaktan öğretim stratejileri geliştirme becerileri etrafında şekillenmiştir. Bu bulgular, Cuccolo ve Green'in (2024) etkili çevrim içi öğretmen iletişimi üzerine vurguladığı kişiselleştirilmiş dönütler ve öğrenciyle anlamlı bağ kurma ilkeleriyle örtüşmektedir. Buna göre, öğretmenlerin teknolojik araçları yalnızca içerik aktarımı için değil, aynı zamanda öğrenci başarısını izleme, dönüt sağlama ve öğrenme sürecini yönlendirme amacıyla da etkili biçimde kullanabilmeleri gerekmektedir.

Öte yandan, Ong ve Quek'in (2023) çalışmasında belirtildiği üzere, çevrim içi derslerde öğrenci katılımı üzerinde içeriğin öğrencilerin yaşamlarıyla bağlantılı sunulmasının ve

öğretim sürecine anlam yüklenmesinin belirleyici etkisi bulunmaktadır. Bu durum, öğretmenlerin yalnızca pedagojik alan bilgisi (PCK) değil, aynı zamanda teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPACK) açısından da yetkin olmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, uzaktan eğitimde öğrencileri aktif öğrenmeye teşvik edebilmek için öğretmenlerin teknolojiyi pedagojik hedeflerle bütünleştirebilecek bir donanıma sahip olmaları önem arz etmektedir.

Tondeur ve arkadaşlarının (2024) sunduğu DTALE modeli ise dijital ve fiziksel öğrenme ortamlarının bütüncül bir yaklaşımla tasarlanmasının, öğrenme süreçlerini daha kapsayıcı ve sürdürülebilir hale getireceğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda, fen öğretmenlerinin hem fiziksel hem dijital ortamları eşgüdümlü biçimde yönetebilme ve bu ortamlarda öğrenci katılımını destekleyici atmosferler oluşturabilme yeterliklerine sahip olmaları gerektiği vurgulanabilir. Son olarak, Rakha'nın (2025) çevrim içi aktif öğrenme stratejilerinin bilişsel ve duyuşsal kazanımlar üzerindeki etkisine dair bulguları, öğretmenlerin uzaktan eğitim süreçlerini yalnızca içerik aktarımı olarak değil, aktif ve etkileşimli bir öğrenme ortamı olarak kurgulama sorumluluğunu açıkça ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Vorsah ve Oppong'un (2024) yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarına yönelik öngörüler, öğretmenlerin dijital okuryazarlık, veri okuma ve etkileşimli içerik tasarlama gibi yeterliklerle donatılmalarının önemini pekiştirmektedir. Tüm bu veriler ışığında, dijital ve fiziksel sınıf yönetimi becerileri temasına yönelik geliştirilen yeterlik maddeleri, geleceğin fen bilimleri öğretmenlerinin karma öğrenme ortamlarında etkili, etkileşimli ve öğrenciyi merkeze alan bir öğretim süreci yürütebilmesi için gerekli temel yapı taşlarını yansıtmaktadır. Eğitim ortamlarının teknolojik ve pedagojik olarak bütünleştirildiği bir gelecekte, öğretmenlerin bu bütünlüğü sağlayacak becerilerle donatılması, öğrenci başarısı ve öğrenme kalitesi açısından vazgeçilmezdir.

5.1.7 Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç

Dijital öğrenme ortamlarında kişiselleştirilmiş geri bildirim uygulamaları, öğrencilerin öğrenme süreçlerini desteklemede önemli bir rol oynamaktadır. Bu alanda yapılan güncel araştırmalar, özellikle öğrencinin bilgi düzeyi ve öğrenme davranışlarının geri

bildirim tasarımlarında temel uyarlama kaynakları olarak öne çıktığını göstermektedir (Maier ve Klotz 2022). Söz konusu çalışmada, kişiselleştirilmiş geri bildirimle ilişkin uygulamaların tasarımı ve değerlendirilmesi bağlamında öne çıkan eğilimler analiz edilmiş ve mevcut literatürdeki boşluklar ortaya konmuştur. Maier ve Klotz, özellikle yapay zekâ tabanlı teknolojilerin geri bildirim mesajlarını belirli öğrenci türlerine atama potansiyelini vurgulamakta; bulut tabanlı sistemlerde erişilebilir hâle gelen güncel makine öğrenimi araçlarının, gelecekteki kişiselleştirilmiş geri bildirim uygulamalarının gelişimine yön verebileceğini ifade etmektedir. Ayrıca, öğrenenlerin eğilimsel (dispositional) verilerinin geri bildirim atama kurallarına entegre edilmesi, araştırmanın gelecekteki önemli yönelim alanlarından biri olarak önerilmektedir.

Carby (2023), sanal öğrenme ortamlarında kişiselleştirilmiş geri bildirim, öğrenci başarısı ve katılımını artırmada kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Özellikle öz-belirleme kuramı çerçevesinde ele alınan bu yaklaşımla, öğrencilere sunulan geri bildirimlerin özerklik, yeterlik ve aidiyet gibi temel psikolojik ihtiyaçları desteklemesi gerektiği ifade edilmektedir. Yazar, oyunlaştırma, sesli/görsel teknolojiler ve öğrenci merkezli yöntemlerin, bu tür geri bildirimlerin etkisini artırabileceğini belirtmiştir. Ancak, teknolojik araçlara aşırı bağımlılığın bazı dışsal riskler doğurabileceği uyarısında bulunarak, geleneksel metin tabanlı geri bildirimlerin hâlâ işlevsel bir seçenek olduğunu hatırlatmaktadır. Carby, etkili geri bildirim bağlamsal olarak da uygun biçimde yapılandırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Alhalalmeh, Fouda, Rushdi ve El-Mikkawy (2023), e-öğrenme ortamlarında bireyselleştirilmiş geri bildirim sağlamaya yönelik önemli bir katkı sunmuştur. Çalışmalarında, şablon eşleştirme temelli Binary Bat Search (BBS) algoritması gelişmiş görüntü işleme teknikleriyle güçlendirilmiş ve bu sayede öğrenci performansına daha doğru ve hızlı geri bildirim verilmesi hedeflenmiştir. Özellikle COVID-19 sonrası yaygınlaşan uzaktan eğitimde, bu tür teknolojiler öğretmenlerin öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına yönelik geri bildirim sunmalarını kolaylaştırmaktadır. Araştırma, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin artırılmasında gelişmiş geri bildirim mekanizmalarının kritik rol oynadığını göstermektedir.

Vilanova ve arkadaşları (2019) tarafından yürütülen çalışmada, Erasmus+ kapsamında Avrupa'daki çeşitli üniversiteler tarafından geliştirilen SPEET projesi kullanılarak, öğrencilerin akademik gelişimlerinin veri temelli analiz araçlarıyla izlenmesine yönelik uygulamalar incelenmiştir. Bu yazılım aracı; öğrencilerin performanslarını analiz etme, akademik risk altındaki öğrencileri belirleme (drop-out tahmini) ve öğretim stratejilerini kişiselleştirme konusunda öğretmenlere önemli destekler sunmaktadır. Sınıflandırma, kümeleme ve devamsızlık tahmini gibi algoritmalar sayesinde, öğretmenlerin öğrencilerin akademik süreçlerini daha yakından takip ederek bireyselleştirilmiş öğrenme kararları alabilmeleri mümkün hale gelmektedir. Ayrıca, araç bünyesinde sunulan görselleştirme modülleri, öğretmenlerin öğrenci verilerini daha etkili analiz edebilmesine ve gelişim süreçlerini daha net biçimde izleyebilmesine olanak sağlamaktadır.

Al Yousufi ve arkadaşları (2023), büyük veri teknolojilerinin (Big Data Technologies - BDTs) eğitim sistemlerinde öğretim, öğrenme, yönetim ve değerlendirme gibi birçok alanda verimliliği artırdığını ortaya koymuştur. Çalışmada, öğrenci başarısının öngörülmesi, devamsızlık takibi, bireysel öğrenme yollarının belirlenmesi ve risk altındaki öğrencilerin erken tespiti gibi uygulamaların büyük veri analitiği ile mümkün hale geldiği vurgulanmaktadır. Özellikle öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarının analiz edilerek öğrenme sürecinin kişiselleştirilmesine olanak tanıyan büyük veri uygulamaları, öğretmenlerin etkili müdahalelerde bulunmasına yardımcı olmaktadır. Böylece hem akademik başarı artırılmakta hem de öğrenci istihdam edilebilirliği desteklenmektedir (Al Yousufi vd. 2023).

Mastul ve Sulisworo (2024), eleştirel düşünme becerilerinin değerlendirilmesine yönelik yöntemlerin çeşitliliğini ve bu sürecin çok boyutlu doğasını ortaya koymuştur. Çalışmada, gözlem, kanıt değerlendirme, problem çözme ve karar verme gibi dört temel boyut üzerinden yürütülen nitel analiz, bu becerilerin değerlendirilmesinde bütüncül bir yaklaşımın gerekliliğine işaret etmektedir. Araştırma, öğretim stratejileri ile ölçme araçlarının birbirinden ayrı düşünülmemeyeceğini ve bu becerilerin gelişimini desteklemek için yenilikçi öğretim yöntemleriyle entegre değerlendirme tekniklerinin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır.

Günümüzün dijitalleşen öğrenme ortamlarında, fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması beklenen ölçme ve değerlendirme yeterlikleri, geleneksel değerlendirme pratiklerinin ötesine geçerek veri odaklı ve bireyselleştirilmiş bir yaklaşıma evrilmiştir. Bu bağlamda yürütülen tartışmalar, öğretmenlerin üç temel yeterlik alanında donanımlı olmaları gerektiğini ortaya koymaktadır: (1) öğrencilere bireyselleştirilmiş geri bildirim verebilme, (2) öğrencinin gelişimini veri analizleriyle takip edebilme, (3) problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini değerlendirecek yöntemler geliştirebilme.

Öncelikle, kişiselleştirilmiş geri bildirim verme yeterliği, öğrenme sürecini desteklemenin yanı sıra, öğrencilerin motivasyon ve katılım düzeylerini artırmada da belirleyici bir etkiye sahiptir. Maier ve Klotz'un (2022) çalışması, bu alanda yapay zekâ destekli geri bildirim sistemlerinin öğrenci profillerine uygun biçimde tasarlanmasının, öğretim sürecini daha etkili ve öğrenci merkezli hale getirebileceğini göstermiştir. Benzer şekilde, Carby (2023), geri bildirim yalnızca bilgi iletimine değil; öğrencilerin özerklik, yeterlik ve aidiyet ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik bir yapılandırma ile sunulmasının önemine vurgu yapmıştır. Bu bağlamda öğretmenlerin, dijital araçları pedagojik duyarlılıkla bütünleştirebilmeleri, bireyselleştirilmiş geri bildirim süreçlerinin niteliğini doğrudan belirlemektedir.

İkinci olarak, öğrencinin gelişimini veri analizleriyle izleyebilme yeterliği, öğrenme analitiği ve büyük veri teknolojilerinin eğitimdeki yükselen rolüyle giderek daha merkezi bir konuma yerleşmektedir. Vilanova ve arkadaşlarının (2019) SPEET projesi kapsamında yürüttüğü çalışmada, öğrenci başarısını öngörmeye, devamsızlık tahmini yapmaya ve öğretim stratejilerini bireyselleştirmeye olanak tanıyan yazılımların öğretmenler için karar destek sistemleri işlevi gördüğü ortaya konmuştur. Al Yousufi ve arkadaşları (2023) ise büyük veri teknolojilerinin, risk altındaki öğrencilerin erken tespitinden kişiselleştirilmiş öğrenme yollarının belirlenmesine kadar pek çok işlevde öğretmenlere önemli katkılar sunduğunu göstermektedir. Bu durum, veri okuryazarlığı ve öğrenme analitiği becerilerinin öğretmen yeterlikleri içinde ayrı bir yer edinmesini zorunlu kılmaktadır.

Son olarak, öğretmenlerin problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini

değerlendirmeye yönelik yöntemler geliştirebilme yeterliği, üst düzey bilişsel becerilerin ölçülmesinde bütüncül ve çok boyutlu bir yaklaşımı gerektirmektedir. Mastul ve Sulisworo (2024), eleştirel düşünmenin gözlem, problem çözme, karar verme ve kanıt değerlendirme gibi bileşenlerle bir arada değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiş; bu sürecin yalnızca nicel ölçütlerle değil, aynı zamanda öğretim stratejileriyle bütünleşik biçimde ele alınması gerektiğini vurgulamıştır. Bu çerçevede, fen bilimleri öğretmenlerinin yalnızca ölçme araçlarını değil, aynı zamanda bu araçların dayandığı pedagojik yaklaşımları da göz önünde bulundurmaları önem arz etmektedir.

Tüm bu bulgular ışığında, 2061 yılına yönelik fen bilimleri öğretmenlerinden beklenen ölçme ve değerlendirme yeterlikleri, yalnızca öğrenci performansını ölçmeye yönelik teknik becerilerle sınırlı değildir. Aksine, öğretmenlerin teknoloji destekli bireyselleştirme, veriye dayalı gelişim takibi ve yüksek düzey düşünme becerilerinin değerlendirilmesine yönelik pedagojik donanımına sahip olmaları beklenmektedir. Bu durum, ölçme ve değerlendirme süreçlerinin fen öğretiminde daha kapsayıcı, esnek ve öğrenme odaklı bir yapıya dönüşeceğini ve öğretmenlerin bu dönüşümde etkin rol oynamalarının gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.

5.1.8 Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim Temasına İlişkin Tartışma ve Sonuç

Kabataş Memiş, Et ve Sönmez (2023) tarafından yürütülen çalışmada, fen bilgisi öğretmeni adaylarının teknoloji kullanım tercihleri ve bu süreçteki deneyimleri incelenmiştir. Araştırma bulguları, öğretmen adaylarının teknolojiyi ders sürecine entegre ederken özellikle sunum ve değerlendirme aşamalarında çeşitli dijital araçlara yöneldiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, video içerikler sunum aşamasında en çok tercih edilen araç olurken, değerlendirme aşamasında ise Kahoot ve Quizzes gibi etkileşimli uygulamaların sıklıkla kullanıldığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, aday öğretmenlerin bilgi kaynaklarını seçerken güvenilirlik sorgulaması yaptıkları ve genellikle internet, kitaplar ve akran görüşlerine başvurdukları vurgulanmıştır. Teknoloji tercihlerini belirlerken öğrenmeye yardımcı olması, düzeye uygunluk, somutlaştırma ve kalıcılık sağlaması, içeriği detaylı yansıtması, kolay erişilebilir ve

ücretsiz olması gibi gerekçeleri öne sürdükleri görülmektedir. Ayrıca, öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu, nitelikli bir öğretmenin sahip olması gereken özellikler arasında teknolojik bilgiye de yer vermiştir. Bu durum, teknolojik yeterliklerin çağdaş öğretmen profili açısından önemini ortaya koymaktadır.

Eğitim teknolojileri, öğrenme süreçlerini dönüştürerek öğrenci merkezli, etkileşimli ve erişilebilir bir eğitim ortamı sunma potansiyeli taşımaktadır. Dijital araçlar sayesinde öğrencilerin ilgisi artırılmakta, öğrenme kalitesi bireyselleştirilmiş deneyimlerle güçlenmektedir. Ancak bu dönüşümün sürdürülebilir ve kapsayıcı olabilmesi için dijital uçurum, veri gizliliği ve öğretmenlerin teknoloji kullanımı konusunda yeterli donanımına sahip olmaları gibi temel sorunların ele alınması gerekmektedir. Eğitim teknolojileri uygulamalarının etkili kullanımıyla birlikte öğretim, yalnızca sınıfla sınırlı kalmayıp küresel düzeyde erişilebilir ve esnek hâle gelmektedir. Eğitim teknolojilerini bilinçli ve amaç odaklı kullanmak, gelecekteki öğretim modellerinin temel yapı taşlarından biri olacaktır (Poshu 2023).

Dijital teknolojilerin eğitime entegrasyonu, öğretmenlerin mesleki gelişimini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle STEM öğretmenleri için dijital mesleki gelişim programları, sadece bireysel yeterliklerin gelişmesini değil, aynı zamanda etkili profesyonel öğrenme topluluklarının oluşmasını da desteklemektedir. Bu topluluklar, öğretmenlerin dijital araçları daha verimli ve bütüncül şekilde sınıf içi uygulamalarına entegre etmelerine zemin hazırlamaktadır. Yapılan güncel araştırmalar, dijital mesleki gelişim ile dijital öğretim entegrasyonu arasındaki ilişkinin, profesyonel öğrenme toplulukları aracılığıyla dolaylı biçimde güçlendiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, öğretmenlerin dijital yetkinliklerini sürdürülebilir biçimde geliştirebilmeleri için iş birliğine dayalı ve sürekli mesleki gelişim süreçlerine ihtiyaç duyduklarını göstermektedir. Eğitim yöneticilerinin ve okulların, dijital öğretim entegrasyonundaki eşitsizlikleri azaltmak için bu tür programlara öncelik vermeleri büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, kurumsal düzeyde desteklenen profesyonel öğrenme toplulukları, öğretmenlerin teknolojiyi etkin kullanma becerilerini uzun vadede canlı tutabilmektedir (Liu vd. 2024).

Öğretmenlerin mesleki gelişimini desteklemenin önemli yollarından biri olarak kabul edilen Profesyonel Öğrenme Toplulukları (PLC), öğretmenlerin mesleki özerkliklerini ve kimlik gelişimlerini destekleme potansiyeline sahiptir. Ancak yapılan araştırmalar, birçok PLC'nin bu potansiyeli yeterince gerçekleştiremediğini ortaya koymaktadır. Çünkü birçok topluluğun yapısal olarak mekanik, hiyerarşik ve geleneksel kalıplar içinde işlemesi, öğretmenlerin kendilerini özgür ve yetkin hissetmelerine engel olmaktadır. Oysa PLC'lerin amacı, öğretmenlerin farklı düşünme biçimlerini geliştirmelerini, yenilikçi uygulamalar denemelerini ve profesyonel olarak kendi kararlarını alabilecek bireyler olmalarını sağlamaktır (Ikpuri ve Peter 2024).

Günümüzde eğitimde bireyselleştirilmiş yaklaşımların önemi artarken, uyarlanabilir öğrenme modelleri öğretim sürecine yenilikçi katkılar sunmaktadır. Bu sistemler, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre şekillenen öğrenme yolları oluşturarak akademik başarıyı desteklemekte ve özellikle dezavantajlı öğrenci gruplarında öğrenme eşitliğini artırmaktadır. Uyarlanabilir öğrenme modelleri, yapılandırmacı ve sosyokültürel öğrenme kuramlarıyla uyumlu bir şekilde, kişiselleştirilmiş ve farklılaştırılmış öğretimi teşvik eder. Araştırmalar, bu modellerin öğrenci katılımını ve özgüvenini artırdığını, öğrenmeye karşı daha olumlu tutumlar geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Ancak bu olumlu etkilerine rağmen; teknolojik altyapı eksiklikleri, maliyetler, öğretmen yeterlikleri ve veri gizliliğine dair etik endişeler gibi çeşitli zorluklar uygulamada engel teşkil etmektedir (Dagunduro vd. 2024).

Günümüz sınıflarında artan akademik çeşitlilik, öğretmenleri öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeyleri, ilgi alanları ve öğrenme profillerine duyarlı öğretim stratejileri geliştirmeye zorunlu kılmaktadır. Ancak mevcut araştırmalar, bu anlayışın sınıf pratiğine yaygın ve etkili biçimde yansıtılmasının hâlâ sınırlı kaldığını göstermektedir. Öğretimde anlamlı farklılaştırmalar yapabilmek, yalnızca öğretmenin bireysel çabasıyla değil; sürekli destek, liderlik ve bütüncül mesleki gelişim modelleriyle mümkündür. Özellikle öğretmenlerin, meslek yaşamlarının erken evrelerinden itibaren öğrenci çeşitliliğine duyarlı bir pedagojik bakışla yetiştirilmesi gerekmektedir (Tomlinson vd. 2003).

Farklılaştırılmış öğretim stratejileri, öğrencilerin bilgi düzeylerindeki açıklıkları önleyerek hem akademik gelişimlerini hem de ilgi alanlarını desteklemektedir. Bu yaklaşımlar, öğretim sürecini yalnızca daha etkili ve kişiselleştirilmiş hale getirmekle kalmamakta, aynı zamanda öğretmenlerin yükünü azaltarak öğrencilerin genel iyilik hâlini de olumlu yönde etkilemektedir. Özellikle yabancı dil öğretimi gibi bireysel farklılıkların daha belirgin olduğu alanlarda, bu yöntemler öğrencilerin çeşitli öğrenme ihtiyaçlarına daha etkili çözümler sunulmasını sağlamaktadır (Goyibova vd. 2025).

Bu araştırmada geleceğin fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterliklerden biri olarak yaşam boyu öğrenme ve sürekli mesleki gelişim kapasitesi ön plana çıkmaktadır. Uzman görüşleri doğrultusunda uzlaşılan yeterlik maddeleri; bilimsel gelişmeleri ve eğitim teknolojilerini sürekli takip ederek öğretime entegre etme, öğrenme topluluklarına aktif katılım yoluyla mesleki gelişimi sürdürme ve değişen öğrenci profillerine uygun pedagojik yaklaşımlar geliştirebilme becerileri çerçevesinde şekillenmiştir. Bu bağlamda, öğretmenlerin yalnızca bilgi aktarıcı değil; aynı zamanda öğrenen, dönüşen ve dijitalleşen rolleri üstlenmeleri gerektiği vurgulanmıştır.

Güncel literatür, öğretmenlerin teknolojik yeterliklerinin çağdaş eğitim ortamlarında etkili bireyler olmaları açısından temel bir koşul olduğunu ortaya koymaktadır (Kabataş Memiş, Et & Sönmez, 2023). Özellikle dijital araçların ders içeriğini somutlaştırma, öğrenme sürecini bireyselleştirme ve ölçme-değerlendirme etkinliklerini etkileşimli hâle getirme gibi işlevleri, öğretim sürecinin kalitesini artırmakta ve öğrenme motivasyonunu yükseltmektedir. Ancak bu teknolojilerin etkin kullanımında öğretmenlerin pedagojik amaçlara uygunluk, erişilebilirlik, güvenilirlik gibi ölçütleri göz önünde bulundurması gerekmektedir. Bu durum, öğretmenlerin yalnızca teknolojiyi kullanma değil, onu eleştirel ve seçici biçimde entegre edebilme yetkinliğine sahip olmalarını gerektirir.

Araştırmada öne çıkan bir diğer boyut, mesleki gelişimin bireysel değil kolektif bir süreç olarak ele alınmasıdır. Özellikle Profesyonel Öğrenme Toplulukları (PLC), öğretmenlerin mesleki kimliklerini güçlendirmelerine, pedagojik yenilikleri paylaşımlarına ve birlikte öğrenme kültürünü inşa etmelerine olanak sunmaktadır.

Ancak Ikpuri ve Peter (2024), birçok PLC'nin yapısal olarak geleneksel, hiyerarşik kalıplar içinde işlediğini ve bu durumun öğretmenlerin mesleki özerkliklerini sınırladığını belirtmiştir. Dolayısıyla bu tür toplulukların, öğretmenlerin yaratıcı ve bağımsız kararlar alabilecekleri esnek yapılara dönüştürülmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Aynı şekilde Liu, Aziku, Qiang ve Zhang'ın (2024) çalışmasında, dijital mesleki gelişim programlarının yalnızca bireysel bilgi ve beceri gelişimine değil, aynı zamanda dijital araçların sınıf içi uygulamalara entegrasyonuna da katkı sağladığı ve bu sürecin öğrenme toplulukları aracılığıyla sürdürülebilir hâle geldiği vurgulanmıştır.

Son olarak, günümüz sınıflarında artan heterojen öğrenci yapısı karşısında, öğretmenlerin farklılaştırılmış ve uyarlanabilir öğretim yaklaşımlarını benimsemeleri bir zorunluluk hâlini almıştır. Tomlinson ve arkadaşlarının (2003) belirttiği gibi, farklılaştırılmış öğretim yalnızca akademik başarıyı desteklemekle kalmaz, aynı zamanda öğrencilerin ilgi alanlarına ve hazırbulunuşluk düzeylerine göre anlamlı öğrenme fırsatları sunar. Ancak bu yaklaşımın başarıyla uygulanabilmesi, öğretmenlerin değişen öğrenci profillerine duyarlı pedagojik bilgi ve becerilerle donatılmalarını gerektirir. Bu da öğretmen eğitimi süreçlerinin, çeşitliliğe duyarlı eğitim felsefesi çerçevesinde yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır.

Sonuç olarak, 2061 yılına hazırlanan fen bilimleri öğretmenlerinin mesleki yeterlikleri, yalnızca alan bilgisiyle sınırlı kalmamakta; teknolojiyi bilinçli entegre edebilme, mesleki gelişimi kolektif yapılarla sürdürebilme ve öğrenci çeşitliliğine duyarlı pedagojik refleksler geliştirebilme gibi çok boyutlu ve dinamik bir yeterlik profili gerektirmektedir. Bu bağlamda geliştirilecek eğitim politikalarının, öğretmenleri sürekli gelişime teşvik eden ve destekleyen yapılar oluşturması kritik öneme sahiptir.

5.2 Öneriler

Bu araştırmada, 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken yeterlikler, uzman görüşlerine dayalı olarak belirlenmiştir. Araştırma bulgularına ve sürece ilişkin yapılan değerlendirmeler doğrultusunda aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

5.2.1 Uygulayıcılara ve Araştırmacılara Yönelik Öneriler

1. Millî Eğitim Bakanlığı ve ilgili kurumlar, geleceğe dönük öğretmen yetiştirme politikalarını planlarken, bu araştırmada ortaya konan yeterlik temalarını (ör. teknoloji kullanımı, disiplinler arası beceriler, bilimsel etik gibi) dikkate alabilir ve öğretmen yetiştirme programlarının içeriği bu çerçevede güncellenebilir.
2. Fen bilimleri öğretimi programlarında; teknoloji okuryazarlığı, dijital ortam yönetimi, küresel değişimlere uyum sağlama gibi konulara daha fazla ağırlık verilerek öğretmen adaylarının bu alanlardaki donanımlarının güçlendirilmesi önerilmektedir.
3. Hizmet içi eğitim programlarının, özellikle dijital dönüşüm, disiplinler arası öğretim yaklaşımları ve etik farkındalık konularını kapsayacak şekilde yeniden yapılandırılması faydalı olabilir.
4. Ölçme ve değerlendirme yaklaşımları yalnızca akademik başarıyı değil; etik tutum, çevresel değişimlere uyum sağlama kapasitesi ve yaşam boyu öğrenme eğilimleri gibi alanları da kapsayacak şekilde çeşitlendirilebilir. Böylece, öğretmenlerin sadece bilgi düzeyleri değil, bütüncül mesleki yeterlikleri daha sağlıklı ölçülebilir.
5. Eğitim politikaları oluşturulurken yalnızca mevcut ihtiyaçlar değil, aynı zamanda gelecekteki toplumsal, teknolojik ve bilimsel gelişmelere uyum sağlayacak vizyoner yaklaşımlar benimsenmelidir. Türkiye’de, Project 2061 benzeri uzun vadeli, esnek ve sürekli güncellenebilir planlama kültürünün oluşturulması önerilmektedir.
6. Türkiye’deki teknoloji şirketleri, teknokentler, üniversiteler ve kamu kurumları arasında, öğretmenlerin geleceğe hazırlanması sürecini destekleyecek iş birliği modelleri ve ortak projeler geliştirilebilir.
7. Eğitim alanında gelecek öngörüsünü geliştirmek amacıyla, üniversitelerin özellikle lisansüstü programlarında; “Eğitimde Gelecek Öngörüler”, “Eğitimde Fütürizm” gibi seçmeli derslerin açılması ve bu derslerin teoriyle birlikte uygulama boyutunu da kapsaması teşvik edilebilir.

5.2.2 Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler

1. Bu çalışma öngörü temelli ve sınırlı sayıda katılımcıyla yürütüldüğü için, benzer araştırmaların farklı kültürel bağlamlarda, farklı ülkelerde ve geniş katılımcı profilleriyle tekrarlanması önerilmektedir. Böylece, uluslararası karşılaştırılabilirlik yeterlik profilleri oluşturulabilir.
2. Çalışmanın yalnızca fen bilimleri alanına odaklanması, diğeri disiplinlerde de (ör. matematik, sosyal bilgiler, Türkçe vb.) benzer yöntemlerle yeterlik araştırmalarının yapılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu sayede disiplinler arası bütüncül yeterlik çerçeveleri geliştirilebilir.
3. Bu çalışmada yerel uzman görüşlerine başvurulmuştur. Gelecekteki araştırmalarda; uluslararası uzmanlar, fütüristler, yapay zekâ araştırmacıları ve teknoloji sektörü temsilcilerinin dâhil edilmesi, elde edilen öngörülerin evrensel geçerliliğini ve uygulanabilirliğini artırabilir.

6. KAYNAKLAR

- Akça, Z. ve Beşoluk, Ş, 2023, Fen bilimleri öğretmenlerinin disiplinlerarası yaklaşımlara ve STEM'e yönelik algıları, *Trakya Eğitim Dergisi*, 13(1), 141-159.
- Al Musawi, A. S., Al Suhi, A., & Al Mamari, Z., 2025, *Exploring EFL teachers' perceptions of using virtual reality in education*. *Contemporary Educational Technology*, 17(2), ep562.
- Al Yousufi, A., Naidu, V. R., Jesrani, K., & Dattana, V., 2023, Tracking Students' Progress using Big Data Analytics to enhance student's Employability: A Review. *SHS Web of Conferences*, 156, 07001.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J. A., Tobi, H., Wals, A. E. J., Oosterheert, I., & Mulder, M., 2012, Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640.
- Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P., 2022, *Molecular biology of the cell* (7th ed.). W. W. Norton & Company.
- Alhalalmeh, Z. R., Fouda, Y. M., Rushdi, M. A., & El-Mikkawy, M., 2023, Automating Assessment and Providing Personalized Feedback in E-Learning: The Power of Template Matching. *Sustainability*, 15(19), 14234.
- Allaby, M., 2000, *Basics of environmental science* (2nd ed.). Routledge.
- Al-Qutaish, R. E., 2025, Delphi Method: A Comprehensive Literature Review. *International Journal of Software Engineering (IJSE)*, 12(1).
- American Association for the Advancement of Science., 2009, *Benchmarks for science literacy*. Project 2061.
- Arianto, F., & Hanif, M., 2024, Evaluating metacognitive strategies and self-regulated learning to predict primary school students' self-efficacy and problem-solving skills in science learning. *Journal of Pedagogical Research*, 8(3).

- Atkins, P., & Jones, L., 2010, *Chemical principles: The quest for insight* (5th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Babacan, T., & Şaşmaz Ören, F., 2015, Öğretmen adaylarının Fen Bilimleri Öğretmenliği özel alan yeterlikleriyle ilgili görüşlerinin belirlenmesi. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 4(3), 47–61.
- Bayar, A. ve Korkmaz, B., 2022, Eğitimcilerin öğrencilerin kişisel verilerinin korunması konusundaki görüşleri, *Trakya Eğitim Dergisi*, 12(1), ss. 133-147.
- Bazler, J., & Charles, M., 1993, Project 2061: A university model. *Journal of Science Teacher Education*, 4(4), 104–108.
- Bhardwaj, V., Zhang, S., Tan, Y. Q., & Pandey, V., 2025, Redefining learning: Student-centered strategies for academic and personal growth. *Frontiers in Education*, 10, 1518602.
- Bonk, C. J., & Graham, C. R., 2006, *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. Pfeiffer.
- Bybee, R. W., 2010, *The teaching of science: 21st-century perspectives*. National Science Teachers Association.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B., 2005, *Biology* (7th ed.). Pearson Benjamin Cummings.
- Can Aran, Ö., & Derman, İ., 2020, Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programının Farklı Ülkelerin Fen Bilimleri Yeterlikleri Açısından İncelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(3), 723-749.
- Candaş, B., & Özmen, H., 2022, Fen bilgisi öğretmenlerinin özel alan yeterlikleri bağlamında öz yeterlikleri. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 12(1), 62–92.
- Canella, V., Batista, M., Sousa, Á., Rocha, M., & Canella, L., 2024, Teaching practices and skills towards integrating digital information and communication technologies in face-to-face higher education. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 20(3), 115–132.

- Carby, N., 2023, *Personalized feedback in a virtual learning environment*. *Journal of Educational Supervision*, 6(1).
- Carroll, B. W., & Ostlie, D. A., 2014, *An introduction to modern astrophysics* (2nd ed.). Pearson Education Limited.
- Castells, M., 2010, *The rise of the network society* (2nd ed., p. 28-76). Blackwell Publishers.
- Chaisson, E., & McMillan, S., 2017, *Astronomy today* (9th ed.). Pearson Education.
- Church, R. L., & Sedlak, M. W., 1976, *Education in the United States: An interpretive history*. New York: Free Press.
- Cornell University., 2023, *Ethical AI for teaching and learning*. Retrieved May 26, 2025, from
- Creswell, J. W., 2022, *A concise introduction to mixed methods research* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L., 2017, *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Cuccolo, K., & Green, C., 2024, *Starting Strong: Understanding Teacher-Student Communication in Online Courses*. Michigan Virtual.
- Cunningham, W. P., Cunningham, M. A., O'Reilly, C. M., & Winsett, K. E., 2024, *Environmental science: A global concern* (16th ed.). McGraw Hill LLC.
- Dagunduro, A., Chikwe, C., Ajuwon, O., & Ediae, A., 2024, Adaptive learning models for diverse classrooms: Enhancing educational equity. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(9), 2228–2240.
- Darling-Hammond, L., 2006, Constructing 21st-Century Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, 57(3), 300-314.
- Digal, N. B., Areola, M., & Alava, W., 2024, Digital Literacy among Science Teachers: A Look Post Pandemic. *Psychology and Education Journal*, 22, 1098–1108.
- Education International & UNESCO., 2019, *Global framework of professional teaching standards*.

- Education Northwest. (2016). *Culturally responsive teaching: A guide to evidence-based practices for teaching all students equitably*.
- Eliyawati, E., Widodo, A., Kaniawati, I., & Fujii, H., 2023, The development and validation of an instrument for assessing science teacher competency to teach ESD. *Sustainability*, 15(4), 3276.
- Enciso, R. E., & Bueno, D. C., 2024, *Upholding academic integrity: Strategies for fostering plagiarism awareness and prevention among MAEd science education students. Institutional Multidisciplinary Research and Development Journal (IMRaD Journal)*, 7(8), 440–455.
- Eren, E. & Dökme, İ., 2022, Fen eğitiminde kullanılan STEM uygulamalarının değerlendirilmesi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi*, 9(2), 669-681. DOI: 10.21666/muefd.1080617
- Ergun, M., & Çetin, Ş., 2018, Madde yanıt teorisi ile fen bilimleri özel alan yeterliklerinin incelenmesi. *SETSCI Conference Proceedings*, 3, 1061–1065.
- Ergun, M., Yurdatapan, M., & Sürmeli, H., 2013, Fen ve teknoloji özel alan yeterliklerinin öğretmen yetiştirme programlarında kazandırılmalarına ilişkin öğretmen adaylarının görüşlerinin değerlendirilmesi. *Millî Eğitim Dergisi*, 43(200), 49–67.
- Fitch, K., Bernstein, S. J., Aguilar, M. D., Burnand, B., LaCalle, J. R., Lázaro, P., ... & Kahan, J. P., 2001, *The RAND/UCLA Appropriateness Method User's Manual*. RAND Corporation.
- Friedrich, A., Schreiter, S., Vogel, M., Becker-Genschow, S., Brünken, R., Kuhn, J., Lehmann, J., & Malone, S., 2024, What shapes statistical and data literacy research in K-12 STEM education? A systematic review of metrics and instructional strategies. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 58.
- Fullan, M., 2013a, . *Stratosphere: Integrating technology, pedagogy, and change knowledge*. Toronto: Pearson.
- Fullan, M., 2013b, Commentary: The New Pedagogy: Students and Teachers as Learning Partners. *Learning Landscapes*, 6(2), 23-29.

- Garvida, F., 2021, *Enhancing student engagement in online science education*.
- Geneva Global Hub for Education in Emergencies. ,2024, *Education in Emergencies: Crisis-Sensitive Planning*.
- Gordon, T. J. ,1994, The Delphi method. In J. C. Glenn & T. J. Gordon (Eds.), *Futures research methodology* (pp. 1–30). AC/UNU Millennium Project.
- Goyibova, N., Muslimov, N., Sabirova, G., Kadirova, N., & Samatova, B. ,2025, Differentiation approach in education: Tailoring instruction for diverse learner needs. *MethodsX*, 14, 103163.
- Grant, C. A., 2005, Teacher capacity. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do* (pp. 127–133). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Grime, J., & Wright, G., 2016, Delphi method. In *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*.
- Guerra, C., Moreira, A., & Marques Vieira, R., 2012, ICT competences for teachers in the 21st Century – A design framework for science primary teacher education courses. In N. Popov et al. (Eds.), *International Perspectives on Education* (Vol. 10, pp. 397–402).
- Hammerness, K., Darling-Hammond, L., Bransford, J., Berliner, D., Cochran-Smith, M., McDonald, M., & Zeichner, K., 2005, How teachers learn and develop. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do* (pp. 358–389). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Harlen, W., 1997, Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in Science Education*, 27(3), 323–337.
- Harlen, W., 1999, *Effective teaching of science: A review of research* (SCRE Publication 142). The Scottish Council for Research in Education.
- Harty, S., 1993, Project 2061: Systemic reform of K-12 education for science literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 2, 505–507.

- Hasson, F., Keeney, S., & McKenna, H., 2000, Research guidelines for the Delphi survey technique. *Journal of Advanced Nursing*, 32(4), 1008–1015.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A'B., 1988, An appropriate conception of teaching science: A view from studies of science learning. *Science Education*, 72(5), 597–614.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C., 2019, *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.), 2014, *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Howard, T. C., & Aleman, G. R., 2005, Teacher capacity for diverse learners: What do teachers need to know? In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do* (pp. 157–174). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Ikpuri, E., & Peter, G., 2024, Professional learning communities: A mechanism for enhancing teachers' professional agency. *International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science (IJLRHSS)*, 7(1), 74–81.
- International Center for Academic Integrity. (2021). *The fundamental values of academic integrity* (3rd ed.).
- Ivankova, N. V., Creswell, J. W., & Stick, S. L., 2006, Using Mixed-Methods Sequential Explanatory Design: From Theory to Practice. *Field Methods*, 18(1), 3–20.
- Kabataş Memiş, E., Et, S. Z., & Sönmez, E., 2023, Integration of Technology into Science Teaching: A Phenomenological Study on the Experiences of the Pre-service Teachers. *Science Education International*, 34(3), 166–176.
- Kesidou, S., 2001, Aligning curriculum materials with national science standards: The role of Project 2061's curriculum-materials analysis procedure in professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 12, 47–65.
- Khan, T., Mishra, P., Hashmi, K., Raza, S., Singh, M., Joshi, S., & Khan, A. R., 2024, Artificial intelligence assisted teaching and learning and research of

- environmental sciences. In T. Khan, M. Singh & S. Raza (Eds.), *Artificial Intelligence: A Multidisciplinary Approach* (pp. 80–114). Bentham Science Publishers.
- Khasawneh, M. A. S., 2023, Teaching competencies for science teachers: A future perspective typology. *Journal of Namibian Studies*, 35, 2115–2142. Retrieved from
- Kızılgöl, T. Z., & Kasapoğlu, K., 2024, Social studies teacher competencies in 2050: An e-Delphi study. *European Journal of Futures Research*, 12(4).
- Kuş Gürbey, S., & Büyük, U., 2023, Özel okullarda fen bilimleri öğretmeni istihdamı: İşe alım süreci ve beklenen yeterlikler. *Millî Eğitim Dergisi*, 52(239), 2001–2032.
- Landeta, J., 2006, Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(5), 467–482.
- Lee, H.-Y., Lin, C.-J., Wang, W.-S., Chang, W.-C., & Huang, Y.-M., 2023, Precision education via timely intervention in K-12 computer programming course to enhance programming skill and affective-domain learning objectives. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 52 .
- Li, F., Cheng, L., Wang, X., vd., 2025, The causal relationship between digital literacy and students' academic achievement: a meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, 108.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G., 1985, *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.
- Linstone, H. A. & Turoff, M. (Ed.), 2002, *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Portland State University & New Jersey Institute of Technology.
- Liu, J., Aziku, M., Qiang, F., & Zhang, B., 2024, Leveraging professional learning communities in linking digital professional development and instructional integration: Evidence from 16,072 STEM teachers. *International Journal of STEM Education*, 11, 56.

- Loughran, J. J., 2007, *Science teacher as learner*. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1043–1066). New York, NY: Routledge.
- Luckin, R., 2018, *Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century*. UCL Institute of Education Press.
- Maier, U., & Klotz, C., 2022, Personalized feedback in digital learning environments: Classification framework and literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100080.
- Malisiova, A., & Folia, V., 2024, *Transforming Multicultural Classrooms Into Inclusive Environments: Implementing Intercultural and Inclusive Education Practices and Approaches*. In *Exploring Gender Equity, Diversity, and Inclusion Through an Intersectional Lens* (pp. 238–257). IGI Global.
- Mamlok-Naaman, R., 2024, Diversity and Inclusion in Science Education: Why? A Literature Review. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 14(1), 13–31.
- Marshak, S., 2022, *Essentials of geology* (7th ed.). W. W. Norton & Company.
- Martín-Alguacil, N., & Avedillo, L., 2024, Student-centered active learning improves performance in solving higher-level cognitive questions in health sciences education. *International Medical Education*, 3, 346–362.
- Mastul, A. H., & Sulisworo, D., 2024, Exploring methods for assessing critical thinking: Insights from qualitative study. *Qomaruna Journal of Multidisciplinary Studies*, 1(2), 1–9.
- Mathelitsch, Leopold., 2013, Competencies in Science Teaching. *Center for Educational Policy Studies Journal*. 3. 49-64. 10.26529/cepsj.231.
- McDiarmid, G. W., & Clevenger-Bright, M., 2008, Rethinking teacher capacity. In M. Cochran-Smith, S. Feiman-Nemser, D. J. McIntyre, & K. E. Demers (Eds.), *Handbook of research on teacher education: Enduring questions in changing contexts* (3rd ed., pp. 134–156). Routledge/Taylor & Francis Group in association with the Association of Teacher Educators.

- Meriç, G., & Tezcan, R., 2005, Fen bilgisi öğretmeni yetiştirme programlarının örnek ülkeler kapsamında değerlendirilmesi (Türkiye, Japonya, Amerika ve İngiltere örnekleri). *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 62–82.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]., 2017, *Öğretmenlik mesleği genel yeterlikleri*. Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]., 2024, *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3-8. Sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü., 2024, *Eğitimde Kullanılan Yapay Zekâ Araçları: Öğretmen El Kitabı*. Ankara: MEB.
- Mishra, P., & Koehler, M. J., 2006, Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Moraes, A., 2023, *Enhancing engagement: 6 strategies for interactive and effective online learning*. Cambridge University Press.
- Mutlu, F., & Yıldız Fidan, N., 2021, Fen Bilimleri ve Sınıf Öğretmenlerinin Proje Tabanlı Öğretim Yapabilme Özyeterlilikleri Üzerine Bir Ölçek Geliştirme Çalışması. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 191–203.
- Nasa, P., Jain, R., & Juneja, D., 2021, Delphi methodology in healthcare research: How to decide its appropriateness. *World Journal of Methodology*, 11(4), 116–129.
- National Association of Biology Teachers. (2021). *NABT position statement: Equity in biology education*.
- National Institutes of Health. (2018). *Best practices for mixed methods research in the health sciences* (2nd ed.).
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024, June 16). *Turning misinformation into educational opportunities*. Retrieved May 26, 2025, from
- National Research Council., 2012, *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

- National Science Teachers Association. (2003). *NSTA standards for science teacher preparation*. Arlington, VA: Author.
- Naumescu, A. K., 2008, *Competencies of science teachers in a knowledge-based society. Acta Didactica Napocensia*, 1(1), 25–31.
- Newton, I., 1846, *Mathematical principles of natural philosophy* (A. Motte, Trans.; N. W. Chittenden, Ed.). Daniel Adee. (Original work published 1687)
- Nipales, J. B., 2019, Competencies of science teachers in teaching science subjects in the K to 12 curriculum. *International Journal of English, Literature and Social Science (IJELS)*, 4(4), 1186–1188.
- Nouri, N., Saberi, M., McComas, W. F., & Mohammadi, M., 2021, Proposed Teacher Competencies to Support Effective Nature of Science Instruction: A Meta-Synthesis of the Literature. *Journal of Science Teacher Education*, 32(6), 601–624.
- Nworie, J., 2011, Using the Delphi technique in educational technology research. *TechTrends*, 55(5), 24–30.
- OECD, 2019, *Trends Shaping Education 2019*, OECD Publishing, Paris,
- OECD, 2018, *How do science teachers teach science – and does it matter? PISA in Focus No. 90*. OECD Publishing.
- Okoli, C., & Pawlowski, S. D., 2004, The Delphi method as a research tool: An example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15–29.
- Oliveira, H., & Bonito, J., 2023, Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, Article 1151641.
- Ong, S. G. T., & Quek, G. C. L., 2023, Enhancing teacher-student interactions and student online engagement in an online learning environment. *Learning Environments Research*, 26, 681–707.
- Osborne, J., Zucker, A., & Pimentel, D., 2023, *Tackling scientific misinformation in science education*. Stanford University Graduate School of Education.

- Özcan, M., 2011, *Bilgi çağında öğretmen eğitimi, nitelikleri ve gücü: Bir reform önerisi*. TED Yayıncılık.
- Paliwoda, S. J., 1983, Predicting the future using Delphi. *Management Decision*, 21(1), 31–38.
- Partnership for 21st Century Skills. (2009). *P21 Framework definitions*. Retrieved from
- Passannante, M. R., Restifo, R. A., & Reichman, L. B., 1993, Preventive therapy for the patient with both universal indication and contraindication for isoniazid. *CHEST*, 103(3), 825–831.
- Patton, M. Q., 2002, *Qualitative research & evaluation methods* (3rd ed.). Sage Publications.
- Poshu, L., 2023, Educational technology: Transforming learning in the digital age. *International Research Journal of Educational Research*, 14(4), 1–3.
- Prensky, M., 2001, Digital natives, digital immigrants, part 1. *On the Horizon*, 9(5), 1–6.
- Rakha, A. H., 2025, Promoting online teaching through active learning strategies: Applications and innovations. *Frontiers in Education*, 10, Article 1546208.
- Ramaila, S., 2025, *Unveiling the potential: A systematic review on harnessing the affordances of differentiated instruction*. *Journal of Teaching and Learning*, 19(2), 41–56.
- Raskin, M. S., 1994, The Delphi study in field instruction revisited: Expert consensus on issues and research priorities. *Journal of Social Work Education*, 30(1), 75–89.
- Rayens, M. K., & Hahn, E. J., 2000, Building consensus using the Policy Delphi method. *Policy, Politics, & Nursing Practice*, 1(4), 308–315.
- Redecker, C., & Punie, Y., 2017, European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union.
- Schleicher, A., 2018, *World class: How to build a 21st-century school system*. OECD Publishing.

- Selwyn, N., 2022, *Education and technology: Key issues and debates* (3rd ed.). Bloomsbury Academic.
- Sever, D., & Bostancı, K. T., 2020, The competencies of science teacher: A Delphi study. *European Journal of Education Studies*, 7(6), 82–112.
- Sharkey, S. B., & Sharples, A. Y., 2001, An approach to consensus building using the Delphi technique: Developing a learning resource in mental health. *Nurse Education Today*, 21(5), 398–408.
- Shenton, A. K., 2004, Strategies for ensuring trustworthiness in qualitative research projects. *Education for Information*, 22(2), 63–75.
- Shulman, L. S., 1986, Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Siemens, G., 2005, Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3–10.
- Skinner, B. J., & Murck, B. W., 2011, *The blue planet: An introduction to Earth system science* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Subandi, S., Ahmadi, A., Amirudin, A., Mispani, M., Hadiati, E., & Saregar, A., 2020, Science teacher' leadership styles and competencies from the perspective of high school students: A path analysis study. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1535-1545.
- Sungur Gül, K., & Özer Özkan, Y., 2013, *Fen ve Teknoloji özel alan yeterlilikleri önem düzeyinin öğretmen adaylarının görüşlerine göre belirlenmesi*. Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12(4), 867–881.
- Tanel, R., Şengören, S. K., & Kavcar, N., 2009, Fen bilimleri öğretmenlerinin yeterlik ölçütleri ve göstergelerine ilişkin öğretmen görüşlerinin çeşitli değişkenler yönünden incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 63–72.
- Tashakkori, A., Johnson, R. B., & Teddlie, C., 2020, *Foundations of mixed methods research: Integrating quantitative and qualitative approaches in the social and behavioral sciences* (2nd ed.). SAGE Publications.

- Tatlı, Z. Gülay, A., Muradoğlu, B. & Bekar, Ş. N., 2023, Evaluation of digital instructional materials developed by primary school teacher candidates with different learning styles. *Journal of Educational Technology & Online Learning*, 6(3), 578-601.
- Texas State Board for Educator Certification., 2004, *Master science teacher standards* (Final).
- Thoms, L.-J., Colberg, C., Heiniger, P., & Huwer, J., 2022, Digital competencies for science teaching: Adapting the DiKoLAN framework to teacher education in Switzerland. *Frontiers in Education*, 7, Article 802170.
- Timur, B., & İmer Çetin, N., 2017, Fen ve teknoloji öğretmenlerinin proje geliştirmeye yönelik yeterlikleri: Hizmet içi eğitim programının etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 18(2), 97–111.
- Tipler, P. A., & Mosca, G., 2007, *Physics for scientists and engineers* (6th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Toffler, A., 1980, *Üçüncü dalga* (S. Yeniçeri, Çev.). Koridor Yayıncılık.
- Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K., Conover, L. A., & Reynolds, T., 2003, Differentiating instruction in response to student readiness, interest, and learning profile in academically diverse classrooms: A review of literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 27(2–3), 119–145.
- Tondeur, J., Howard, S., Carvalho, A. A., Malzahn, N., Vanderlinde, R., & Devisch, O., 2024, The DTALE model: Designing digital and physical spaces for integrated learning environments. *Technology, Knowledge and Learning*, 29, 1767–1789.
- Trilling, B., & Fadel, C., 2009, *21st-century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- Uğuz, E., 2023, *Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Özel Alan Yeterlik Eğilimlerinin Durumsal Yargı Testi ile Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı.

- UNESCO. (2018). *UNESCO ICT Competency Framework for Teachers (ICT CFT), Version 3*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. ISBN 978-92-3-100285-4.
- UNESCO. (2024). *AI competency framework for teachers*.
- United Nations (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1)*.
- Vilanova, R., Dominguez, M., Vicario, J., Prada, M. A., Barbu, M., Varanda, M. J., Alves, P., Podpora, M., Spagnolini, U., & Paganoni, A., 2019, Data-driven tool for monitoring of students performance. *IFAC-PapersOnLine*, 52(9), 165–170.
- Vorsah, R. E., & Oppong, F., 2024, Leveraging AI to enhance active learning strategies in science classrooms: Implications for teacher professional development. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 24(2), 1355–1370.
- Wendell, K., Kendall, A., Portsmore, M., Wright, C. G., Jarvin, L., & Rogers, C., 2014, Embedding elementary school science instruction in engineering design problem solving. In T. J. Moore, M. S. Stohlmann, H. H. Wang, K. M. Tank, A. W. Glancy, & G. H. Roehrig (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35–60). Purdue University Press.
- Williams, P. L., & Webb, C., 1994, The Delphi technique: A methodological discussion. *Journal of Advanced Nursing*, 19(1), 180–186.
- Yıldız, K. & Yıldırım, M., 2023, *Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Öğrenme ve Öğretme Sürecinde Teknolojinin Entegre Edilmesi Hakkında Görüşlerinin Belirlenmesi*. Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 57, 260-281.
- Yılmaz, Ö., 2024, *Personalised learning and artificial intelligence in science education: Current state and future perspectives*. *Educational Technology Quarterly*, 2024(3), 255–274.
- Yükseköğretim Kurulu [YÖK]. (2018a). *Yeni Öğretmen Yetiştirme Lisans Programları – Sunuş, Önsöz ve Uygulama Yönergesi*. Yükseköğretim Kurulu.

Yükseköğretim Kurulu [YÖK]. (2018b). *Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı*.
Yükseköğretim Kurulu.

Yükseköğretim Kurulu [YÖK]. (2019). *Geleceğin Meslekleri Çalışmaları*.

Zhang, Y., & Jiang, A., 2022, *Immersive virtual interactive environment based on hologram technology for youth art education*. In J. Chen (Ed.), *Human Factors in Virtual Environments and Game Design* (Vol. 50, pp. 156–164).

İnternet Kaynakları

1- <https://www.abc.net.au/tv/programs/ai-race/>, 11.05.2025

2- <https://engineering.stanford.edu/news/future-science-education-cultivating-critical-thinkers> , 21.05.2025

3- https://ngs.wested.org/cultural_competence/, 26.05.2025

4- <https://school-education.ec.europa.eu/en/discover/news/ensure-equity-science-education> , 26.05.2025

EK 1. Etik Kurul İzin Belgesi

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU
KARARLARI

TOPLANTI SAYISI:22
KARAR TARİHİ: 30.09.2024

KARAR 2024/44

Üniversitemiz Eğitim Fakültesi öğretim elemanı Prof. Dr. Bülent AYDOĞDU tarafından yürütülen (Diğer Araştırmacılar: Mahmut ÇOBANOĞLU), "Fen Bilimleri Öğretmenlerinin 2061 Yılında Taşınması Gereken Yetkinlikler: Bir Delphi Analizi" başlıklı yüksek lisans tezi kapsamında yapılan başvuruda yer alan veri toplama araçlarının, etik açıdan sakıncalı olmadığına, katılanların oy birliği ile karar verildi.

ASLI GİBİDİR

Prof. Dr. İbrahim MUTLU
Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Başkanı

189

EK 2. Katılımcı Onam Formu

Afyon Kocatepe Üniversitesi **Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu** **BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU**

Sizi aşağıda künyesi belirtilen araştırmaya davet ediyoruz.

Araştırmanın Başlığı: **Fen Bilimleri Öğretmenlerinin 2061 Yılında Taşınması**

Gereken Yetkinlikler: Bir Delphi Analizi

Araştırmanın Yürütücüsü/Sorumlusu veya Danışman :**Prof.Dr.Bülent AYDOĞDU**

Diğer Araştırmacıların veya Öğrencinin Adı Soyadı: **Mahmut ÇOBANOĞLU**

Araştırmada sizden tahminen ayırmanız istenen tahmini süre: **1 saat**

Araştırmaya sizinle birlikte katılacak tahmini kişi sayısı: **30 kişi**

Bu araştırmanın amacı **gelecekteki fen bilimleri öğretmenlerinin yetkinliklerini belirlemeye yönelik bir çalışma olup, 2061 yılına ait fen bilimleri öğretmeni vasıflarını öngörmeyi hedeflemektedir.**

Bu çalışmada kullanılan veri toplama araçlarının kaynağı ile ilgili aşağıdaki seçeneklerden en az birini ☒ ı seçtiniz. (☐ şeklinde işaretleme yapabilirsiniz)

☒ Tarafımızca (bu çalışmanın yürütücüsü veya araştırmacıları tarafından) ☐ üretilmiştir.

☐ Başka araştırmacılar tarafından üretilmiş olup, sahibinden alınan kullanım izni belgeleri (mail, yazı, vb.) başvuruya eklenmiştir.

☐ Kamuya açık her araştırmacının izin almadan yararlanabileceği (Dünya Sağlık Örgütü Ölçekleri gibi) ölçekler grubundandır. Ölçeğin kamuya açık olduğunun görülebileceği web sayfası aşağıda belirtilmiştir:

Web sayfası:

☐ Başvurumuzda veri toplama aracı bulunmamaktadır. Çalışmanın yapılmasının etik açıdan uygun olup/olmadığının tespiti için başvuru yapılmıştır.

Bu çalışmaya katılmak tamamen GÖNÜLLÜLÜK esasına dayanmaktadır.

- Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, bütün soruları eksiksiz, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevapları içtenlikle vermenizdir. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahipsiniz.

EK 3. Birinci Delphi Turu Veri Toplama Formu (Soru Listesi)

Soru Türü	Görüşme Sorusu
Giriş Sorusu	1. Lütfen kendinizi kısaca tanıtır mısınız? (Görev yeri, kıdem, unvan, uzmanlık alanı, yaş vb. bilgiler.)
İçerikle İlgili Sorular	2. 2061 yılında fen bilimleri alanında gerçekleşeceğini öngördüğünüz değişimler nelerdir? Bu değişimlerin nedenlerini açıklayabilir misiniz?
İçerikle İlgili Sorular	3. 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinden, teknolojiyi kullanma bağlamında beklenebilecek yeterlikler sizce neler olabilir? Lütfen örneklerle açıklayınız.
	4. Fen bilimleri öğretmenlerinden 2061 yılında beklenen sosyal beceriler sizce nasıl bir değişim gösterebilir? Bu değişimlerin öğretmen rolüne nasıl yansıtacağını öngörüyorsunuz? Lütfen örneklerle açıklayınız.
	5. 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması beklenen değerlere ilişkin düşünceleriniz nelerdir?
	6. Sizce 2061 yılında bir fen bilimleri öğretmeni ne tür yeterliklere sahip olmalıdır? - i) Teknoloji alanında - ii) Sınıf yönetimi alanında - iii) Pedagojik alanda - iv) İletişim vb. alanlarda
	7. 2061 yılında fen bilimleri öğretmenlerinin karşılaşılabileceği olası sorunlar sizce neler olabilir? - i) Teknoloji alanında - ii) Sınıf yönetimi alanında - iii) Pedagojik alanda - iv) İletişim vb. alanlarda
	8. 2061 yılına yönelik olarak, fen bilimleri öğretmenlerine ihtiyaç duyacakları yeterlikleri kazandırmak amacıyla günümüz bağlamında hangi önerilerde bulunabilirsiniz?

EK 4. İkinci Delphi Turu Veri Toplama Formu

No	Madde	1	2	3	4	5
1	Yapay zekâ destekli öğretim sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve holografik ders materyalleri ile çalışabilmeli.					
2	STEM ve bilimsel araştırmalar için temel programlama ve büyük veri analizi becerilerine sahip olmalı.					
3	Derslerini özelleştirilmiş dijital materyallerle zenginleştirebilmeli.					
4	Öğrenci verilerini koruma konusunda bilinçli olmalı.					
5	Yüz yüze ve çevrimiçi eğitimi entegre edebilmeli.					
6	Fizik, biyoloji, kimya, mühendislik, yapay zekâ, biyoteknoloji ve çevre bilimleriyle bağlantılar kurabilmeli.					
7	Bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematikle birlikte sosyal bilimlere de içeren projeler tasarlayabilmeli.					
8	Öğrencileri çevresel, teknolojik ve toplumsal sorunlara çözüm üretmeye teşvik edebilmeli.					
9	Veri bilimi, robotik, kuantum teknolojileri gibi alanlara öğrencileri yönlendirebilmeli.					
10	Öğrencinin öğrenme hızına ve ilgi alanlarına göre özelleştirilmiş eğitim planları oluşturabilmeli.					
11	Öğrencilerin bilimsel keşifler yapmasını sağlayan aktif öğrenme ortamları oluşturabilmeli.					
12	Bilgiyi ezberletmek yerine, öğrencinin kendi öğrenme sürecini yönetmesine yardımcı olmalı.					
13	Öğrencileri sahte bilimsel iddialara ve bilgi kirliliğine karşı bilinçlendirebilmeli.					
14	Öğrencilere bilimsel araştırma yapmayı ve veriye dayalı düşünmeyi öğretmeli.					
15	Bilgi üretme ve paylaşma süreçlerinde akademik dürüstlük ilkelerini benimsemeli.					

EK 4. (Devam) İkinci Delphi Turu Veri Toplama Formu

16	Öğrencilere farklı kültürel ve toplumsal bakış açılarını anlamaları konusunda rehberlik edebilmeli.					
17	Bilimsel bilgiye dayanmayan yanlış yönlendirmeler karşısında öğrencileri bilinçlendirebilmeli.					
18	Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve doğal kaynakların korunması konularında öğrencileri bilinçlendirmeli.					
19	Yapay zekâ, veri analizi ve biyoteknoloji gibi alanlarda etik kurallara uygun hareket etmeli.					
20	Göç ve küreselleşmenin getirdiği farklı kültürel geçmişlerden gelen öğrencileri kapsayıcı bir eğitim ortamında buluşturabilmeli.					
21	Pandemi, savaş, doğal afetler gibi durumlarda eğitimin sürekliliğini sağlayacak stratejilere hâkim olmalı.					
22	Eğitime erişimde fırsat eşitliği sağlayacak yaklaşımlar geliştirebilmeli.					
23	Öğrencilerin bilgiye erişimi ve dijital etik konularında bilinçlenmelerine yardımcı olmalı.					
24	Online derslerde öğrenci katılımını artıracak stratejiler geliştirebilmeli.					
25	Çevrimiçi eğitimde öğrenci-öğretmen iletişimini güçlü tutabilmeli.					
26	Fiziksel ve dijital eğitim ortamlarını entegre edebilmeli.					
27	Uzaktan eğitimde öğrencileri aktif öğrenmeye teşvik eden yöntemler geliştirebilmeli.					
28	Öğrencilere bireyselleştirilmiş geri bildirim verebilmeli.					
29	Öğrencinin gelişimini veri analizleriyle takip edebilmeli.					
30	Problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini değerlendirecek yöntemler geliştirebilmeli.					
31	Bilimsel gelişmeleri ve eğitim teknolojilerini sürekli öğrenerek derslerine entegre edebilmeli.					

EK 4. (Devam) İkinci Delphi Turu Veri Toplama Formu

32	Öğrenme topluluklarına katılarak mesleki gelişimini sürekli kılabilirmeli.					
33	Değişen öğrenci profillerine uygun pedagojik yaklaşımlar geliştirebilmeli.					

EK 5. Araştırmaya Katılan Uzmanların Unvan, Alan ve Demografik Bilgileri

Unvan	Uzmanlık Alanı	Yaş	Katılımcı Kodu
Uzman Öğretmen	STEAM Eğitimi	38	SUDE
Prof. Dr.	Maden Mühendisliği, Fütürist	54	MERT
Doç. Dr.	Fizik, Fen Eğitimi	44	CAN
Prof. Dr.	Biyoloji, Fen Eğitimi	54	DEFNE
Uzman Öğretmen	Fen Bilimleri Öğretmeni	38	CEM
Uzman Öğretmen	Fen Bilimleri Öğretmeni	43	TUFAN
Uzman Öğretmen	Fen Bilimleri Öğretmeni	42	KEREM
Doç. Dr.	STEAM Eğitimi	41	BARAN
Doç. Dr.	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi	41	BORA
Doç. Dr.	Eğitim Programları ve Öğretim	39	BURAK
Prof. Dr.	Fen Eğitimi	47	EMRE
Prof. Dr.	Fen Eğitimi	48	DERYA
Prof. Dr.	Fen Eğitimi	47	MERVE
Dr. Öğretim Üyesi	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi	36	ELİF
Prof. Dr.	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi	50	TAYLAN
Uzman Öğretmen	Fen Bilimleri Öğretmeni	39	LEVENT
Prof. Dr.	Sosyal Bilgiler Eğitimi	44	ASLI
Dr. Öğretim Üyesi	Sınıf Eğitimi	35	ZEHRA
Prof. Dr.	Fen Eğitimi	45	ECE
Prof. Dr.	Sınıf Eğitimi	48	LİNA
Dr. Öğretim Üyesi	Fen Eğitimi	37	TUNA
Baş Öğretmen	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi	44	SERKAN
Eğitim Girişimcisi	Matematik Öğretmeni	72	SELİM
Uzman Öğretmen	Fen Bilimleri Öğretmeni	41	AYLİN

EK 6. Birinci Delphi Turu Sonuçları (Tematik Yeterlik Tablosu)

Tema No	Yeterlik Teması	Madde Sayısı
1	Teknoloji Kullanım Yeterliliği	5
2	Disiplinler Arası Çalışma Becerisi	4
3	Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik	5
4	Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	5
5	Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama	4
6	Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri	4
7	Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği	3
8	Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim	3
Toplam	Genel Madde Sayısı	33

EK 7. İkinci Delphi Turu Yeterlik Listesi ve Uzlaşı Oranları

Madde No	N	Ortanca (Median)	Standart Sapma (Std. Deviation)	25. Yüzdelik	50. Yüzdelik	75. Yüzdelik	IQR (Q3 - Q1)	Uzlaşı Yüzdesi (4 ve 5 puan toplamı %)
M1	24	5,00	0,588	4,00	5,00	5,00	1,00	95,8
M2	24	4,50	0,711	4,00	4,50	5,00	1,00	87,5
M3	24	4,50	0,511	4,00	4,50	5,00	1,00	100
M4	24	5,00	0,624	5,00	5,00	5,00	0,00	91,7
M5	24	5,00	0,780	4,00	5,00	5,00	1,00	91,7
M6	24	5,00	0,442	4,25	5,00	5,00	0,75	100
M7	24	5,00	0,654	4,00	5,00	5,00	1,00	91,7
M8	24	5,00	0,415	5,00	5,00	5,00	0,00	100
M9	24	5,00	0,776	4,00	5,00	5,00	1,00	83,3
M10	24	5,00	0,658	4,00	5,00	5,00	1,00	91,7
M11	24	5,00	0,647	4,00	5,00	5,00	1,00	91,7
M12	24	5,00	0,576	4,00	5,00	5,00	1,00	95,8
M13	24	5,00	0,576	4,00	5,00	5,00	1,00	95,8
M14	24	5,00	0,833	4,00	5,00	5,00	1,00	87,5
M15	24	5,00	0,282	5,00	5,00	5,00	0,00	100
M16	24	5,00	0,924	4,00	5,00	5,00	1,00	79,2
M17	24	5,00	0,464	4,00	5,00	5,00	1,00	100
M18	24	5,00	0,624	5,00	5,00	5,00	0,00	91,7
M19	24	5,00	0,770	4,25	5,00	5,00	0,75	91,7
M20	24	4,50	0,816	4,00	4,50	5,00	1,00	87,5

EK 7. (Devam) İkinci Delphi Turu Yeterlik Listesi ve Uzlaşı Oranları

M21	24	5,00	0,779	4,00	5,00	5,00	1,00	91,3
M22	24	5,00	0,875	4,00	5,00	5,00	1,00	83,3
M23	24	4,50	0,816	4,00	4,50	5,00	1,00	87,5
M24	24	5,00	0,881	4,00	5,00	5,00	1,00	83,3
M25	24	5,00	0,717	4,00	5,00	5,00	1,00	87,5
M26	24	5,00	0,647	4,00	5,00	5,00	1,00	91,7
M27	24	5,00	0,833	4,00	5,00	5,00	1,00	87,5
M28	24	5,00	0,509	4,00	5,00	5,00	1,00	100
M29	24	5,00	0,504	4,00	5,00	5,00	1,00	100
M30	24	5,00	0,584	4,00	5,00	5,00	1,00	95,8
M31	24	5,00	0,415	5,00	5,00	5,00	0,00	100
M32	24	5,00	0,647	4,00	5,00	5,00	1,00	91,7
M33	24	5,00	0,711	4,25	5,00	5,00	0,75	87,5

EK 8. Nihai Yeterlik Maddeleri Tablosu

Tema	Madde No	Yeterlik Maddesi
TEMA 1: Teknoloji Kullanım Yeterliliği	1	Yapay zekâ destekli öğretim sistemleri, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve holografik materyallerle ders işleyebilmelidir.
	2	STEM ve bilimsel araştırmalar için temel programlama ve büyük veri analizi becerilerine sahip olmalıdır.
	3	Derslerini özelleştirilmiş dijital materyallerle zenginleştirebilmelidir.
	4	Öğrenci verilerinin korunması ve dijital güvenlik konusunda bilinçli olmalıdır.
	5	Yüz yüze ve çevrim içi eğitimi bütünleştirebilmelidir.
TEMA 2: Disiplinler Arası Çalışma Becerisi	6	Fizik, biyoloji, kimya, mühendislik, yapay zekâ, biyoteknoloji ve çevre bilimleri arasında bağlantılar kurabilmelidir.
	7	Bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematikle birlikte sosyal bilimleri kapsayan projeler tasarlayabilmelidir.
	8	Öğrencileri çevresel, teknolojik ve toplumsal sorunlara çözüm üretmeye teşvik edebilmelidir.
	9	Veri bilimi, robotik ve kuantum teknolojileri gibi alanlara öğrencileri yönlendirebilmelidir.
TEMA 3: Öğrenci Merkezli Öğretim ve Rehberlik	10	Öğrencilerin öğrenme hızına ve bireysel ilgi alanlarına göre özelleştirilmiş eğitim planları oluşturabilmelidir.
	11	Öğrencilerin bilimsel keşifler yapmasını sağlayan aktif öğrenme ortamları tasarlayabilmelidir.
	12	Ezberden çok, öğrencinin kendi öğrenme sürecini yönetmesine rehberlik edebilmelidir.
	13	Öğrencileri sahte bilimsel iddialara ve bilgi kirliliğine karşı bilinçlendirebilmelidir.
	14	Öğrencilere bilimsel araştırma yapma ve veriye dayalı düşünme becerisi kazandırabilmelidir.
TEMA 4: Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	15	Bilgi üretiminde ve paylaşımında akademik dürüstlük ilkelerine bağlı kalmalıdır.
	16	Öğrencilere farklı kültürel ve toplumsal bakış açılarını anlamaları için rehberlik edebilmelidir.
	17	Bilimsel bilgiye dayanmayan yanıltıcı yönlendirmelere karşı öğrencileri bilinçlendirebilmelidir.

EK 8. (Devam) Nihai Yeterlik Maddeleri Tablosu

TEMA 4: Değerler Eğitimi ve Bilimsel Etik	18	Sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve doğal kaynakların korunması konularında farkındalık kazandırabilmelidir.
	19	Yapay zekâ, veri bilimi ve biyoteknoloji gibi alanlarda etik kurallara uygun hareket edebilmelidir.
TEMA 5: Küresel ve Sosyal Değişimlere Uyum Sağlama	20	Göç, küreselleşme ve farklı kültürel arka planlara sahip öğrenciler için kapsayıcı eğitim ortamı oluşturabilmelidir.
	21	Pandemi, savaş ve doğal afetler gibi olağanüstü durumlarda eğitimin sürekliliğini sağlayacak stratejiler geliştirebilmelidir.
	22	Eğitime erişimde fırsat eşitliğini destekleyecek yaklaşımlar benimseyebilmelidir.
	23	Öğrencilere bilgiye erişim ve dijital etik konularında rehberlik edebilmelidir.
TEMA 6: Dijital ve Fiziksel Sınıf Yönetimi Becerileri	24	Çevrim içi derslerde öğrenci katılımını artıracak yöntemler kullanabilmelidir.
	25	Uzaktan eğitimde öğrenci-öğretmen iletişimini güçlü tutabilmelidir.
	26	Fiziksel ve dijital eğitim ortamlarını bütüncül şekilde entegre edebilmelidir.
	27	Uzaktan eğitimde öğrencilerin aktif öğrenmesini destekleyen stratejiler uygulayabilmelidir.
TEMA 7: Ölçme ve Değerlendirme Yeterliliği	28	Öğrencilere bireyselleştirilmiş geri bildirim verebilmelidir.
	29	Öğrencinin gelişimini veri temelli analizlerle izleyebilmelidir.
	30	Problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini ölçen değerlendirme yöntemleri geliştirebilmelidir.
TEMA 8: Yaşam Boyu Öğrenme ve Mesleki Gelişim	31	Bilimsel gelişmeleri ve eğitim teknolojilerini sürekli takip ederek derslerine uyarlayabilmelidir.
	32	Öğrenme topluluklarına ve profesyonel gelişim gruplarına katılarak sürekli mesleki gelişim sağlayabilmelidir.
	33	Değişen öğrenci profiline uygun, güncel pedagojik yaklaşımlar geliştirebilmelidir.

EK 9. Delphi Sürecine İlişkin Görsel Akış Şeması

Aşama No	Süreç Adımı	Açıklama
1	Araştırma Konusunun Belirlenmesi	2061 yılı Fen Bilimleri Öğretmenlerinin taşınması gereken yeterliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.
2	Uzman Katılımcıların Seçimi ve Daveti	Alanında uzman akademisyenler ve deneyimli öğretmenlerden oluşan 24 kişilik grup sürece dahil edilmiştir.
3	1. Tur Anket: Açık Uçlu Görüşlerin Toplanması	Katılımcılardan açık uçlu sorular aracılığıyla yeterliklere ilişkin özgün görüşleri toplanmıştır.
4	İçerik Analizi: Kodlama ve Temalaştırma	1. Tur verileri analiz edilerek taslak yeterlik maddeleri ve temalar oluşturulmuştur.
5	2. Tur Anket: Taslak Yeterliklerin Değerlendirilmesi ve Puanlanması	Uzmanlara hazırlanan taslak maddeler sunulmuş, yeterlikler önem düzeyine göre puanlanmıştır.
6	2. Tur Sonuçlarının Analizi ve Uzlaşi Ölçümü	İkinci tur verileri analiz edilerek maddeler üzerindeki görüş birliği ve farklılıklar değerlendirilmiştir.
7	Sonuçların Raporlanması	Uzlaşi sağlanan yeterlik maddeleri nihai hâle getirilerek araştırma raporuna dâhil edilmiştir.