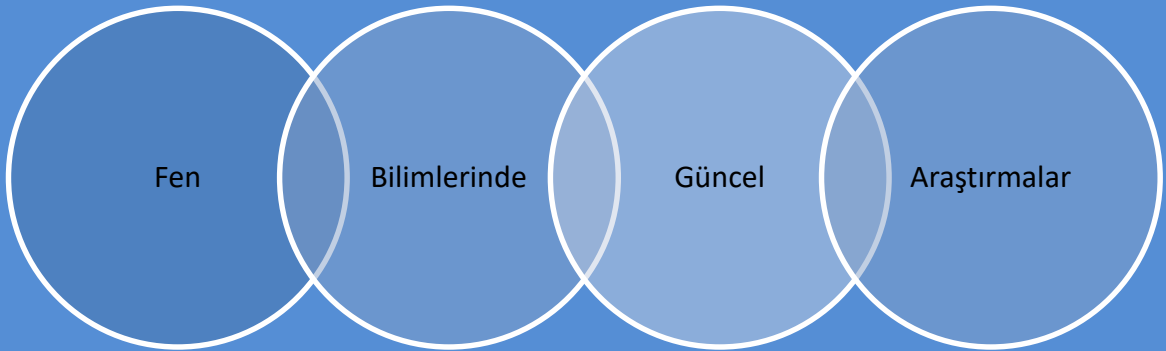


FEN BİLİMLERİNDE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

Editörler

Doç. Dr. Ayşe Derya IŞIK – Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU



Yazarlar

Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU, Dr. Öğrt. Üyesi Tuğba ECEVİT, Nihal ERES

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Derneği Yayınları

Ankara 2025

Fen Bilimlerinde Güncel Araştırmalar

E-ISBN 978-625-5670-00-7

Kitap içeriğinin tüm sorumluluğı yazarlarına aittir.

Yayıncı

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Derneğı

© 2025, SEAD

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Sınırsız Eğitim ve Araştırma Derneğine aittir. Anılan derneğin izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri, kapak tasarımı; mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik, kayıt ya da başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz.

1. Baskı: 03 Temmuz 2025, Ankara

İletişim

www.sead.com.tr

sead@sead.com.tr

Adres: Cebeci Mahallesi Tanyeli Sokak Yaman Apt. 22/A Çankaya/ ANKARA

ÖNSÖZ

Bilim genel olarak, gözlem ve deneye dayalı bilimsel yöntemlerle elde edilen sistemli ve kanıtlanmış bilgiler bütünüdür. Bunlar teori/kuram, yasa ve ilkeler halinde ifade edilmektedir. Bilimin temel özellikleri objektiflik, doğruluk, özeleştir, denemeye açıklık, mantıklı, sistemli, sürekli, kontrollü, gerçekleştir, seçicilik ve gözlem şeklinde sıralanmaktadır. Bunlar aynı zamanda bilimsel bilginin nitelikleri olmaktadır. Bilimsel bilgi objektif, doğru, mantıklı, sistemli, devamlı, kontrollü, sade, gerçek, gözlenebilir ve deneye açık bilgilerdir. Bunlar fen bilimlerinde ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü fen bilimleri gözlenen doğayı ve doğa olaylarını sistemli bir şekilde inceleme, henüz gözlenmemiş olayları kestirme çabalarını içermektedir. Doğadaki her olay fennin bir konusunu oluşturduğu için, fen yaşamın önemli bir parçası olmaktadır.

Fen eğitimi denilince ilk akla gelen bilimsel bilgilerle donatılmış ve düşün sistemi gelişmiş öğrenciler yetiştirmektir. Bunun için öğrencilere gözlem, deney yapma, araştırma, inceleme, hipotez kurma, tasarım yapma, bilimsel sorgulama, test yapma, ölçme, öğrenmeyi öğrenme gibi becerileri kazandırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ardından alanla ilgili etkili öğretim yöntemleri, teknik ve materyaller geliştirilmektedir. Böylece dil, zihinsel ve sosyal becerileri gelişmiş bireyler yetiştirilmeye çalışılmaktadır. Bu anlayış ülkemizde de kabul görmekte, düşünen, araştıran, sorgulayan, sorun çözen, girişimci, yenilikçi ve ülkemizin geleceğine yön verecek bireyler yetiştirme amaçlanmaktadır.

“Fen Bilimlerinde Güncel Araştırmalar” teması ile hazırladığımız bu kitapta 3 bölüme yer verilmiştir. Bölümlerde fen bilimi ve eğitime yönelik konulara yer

verilmiştir. Kitabın alandaki eğitimci, araştırmacı, uygulamacı ve okuyuculara katkı getirmesini dileriz.

Doç. Dr. Ayşe Derya IşIK

Doç. Dr. Çağın KAMIşCIOğLU

İÇİNDEKİLER

1. BÖLÜM

PARÇACIK FİZİĞİ AÇISINDAN 2018 VE 2024 FİZİK DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU

2. BÖLÜM

MİNİK MÜHENDİSLER KÖPRÜ İNŞA EDİYOR: OKUL ÖNCESİNDE MÜHENDİSLİK VE
GİRİŞİMCİLİK TASARIM MODELİNE DAYALI BİR STEM UYGULAMASI

Nihal ERES, Dr. Öğrt. Üyesi Tuğba ECEVİT

3. BÖLÜM

PARÇACIK ALGIÇLARININ TÜR VE ÖZELLİKLERİ

Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU

ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	5
TABLolar LİSTESİ	8
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	9
GÖRSELLER LİSTESİ.....	10
1. BÖLÜM	11
Parçacık Fiziği Açısından 2018 ve 2024 Fizik Dersi Öğretim Programlarının Karşılaştırılması.....	11
Giriş	12
Yöntem	14
Bulgular.....	15
Tartışma, Sonuç ve Öneriler	28
Kaynakça	32
2. BÖLÜM	34
Minik Mühendisler Köprü İnşa Ediyor: Okul Öncesinde Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Modeline Dayalı Bir STEM Uygulaması	34
Giriş.....	35
Yöntem	39
Çalışma Grubu	39
Veri Toplama Araçları	40
Veri Analizi	40

<i>Etkinliğin Planlanması ve Tasarlaması</i>	41
<i>En Fazla Yük Taşıyabilen Köprü Tasarlıyorum Etkinlik Aşamalarının Ayrıntılı Uygulama Süreci</i>	45
Bulgular.....	66
<i>Aşama 1: “Ebeveynimle Köprüleri Keşfediyorum” – Ebeveynle Keşif ve Kavramsal Farkındalık</i>	66
<i>Aşama 2: Keşfettiklerimi Paylaşıyorum- Sözel İfade, Sunum Becerisi ve Akran Etkileşimi</i>	69
<i>Aşama 3: “En Fazla Yük Taşıyan Köprümü Tasarlıyorum” – Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Süreci</i>	70
<i>Aşama 4: “Değerlendiriyorum” – Yansıtıcı Düşünme ve Öğrenmeyi Fark Etme</i>	72
Sonuç, Tartışma ve Öneriler	74
Kaynakça	77
3. BÖLÜM	80
Parçacık Algıçlarının Tür ve Özellikleri	80
Giriş.....	81
Yöntem	83
Bulgular.....	84
Tartışma, Sonuç ve Öneriler	94
Kaynakça	95

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1-1. 2018 ve 2024 fizik dersi öğretim programında benzer olan amaçlar ..	16
Tablo 1-2. 2018 Fizik dersi öğretim programında farklı olan amaçlar	17
Tablo 1-3. 2024 fizik dersi öğretim programında farklı olan amaçlar	17
Tablo 1-4. 2018 ve 2024 fizik dersi öğretim programı parçacık fiziği üniteleri.....	18
Tablo 1-5. 2024 fizik dersi öğretim programı parçacık fiziği ünitesindeki beceriler	20
Tablo 1-6. 2018 FDÖP kazanımları.....	21
Tablo 1-7. 2024 FDÖP öğrenme çıktıları	23
Tablo 1-8. 2018 FDÖP öğrenme-öğretme uygulamaları.....	25
Tablo 1-9. 2024 FDÖP öğrenme-öğretme uygulamaları.....	26
Tablo 1-10. 2024 FDÖP ölçme ve değerlendirme	28
Tablo 3-1. Algıç türleri.....	85
Tablo 3-2. Eski algıçlar	86
Tablo 3-3. Görselleştirme algıçlarının çalışma ilkeleri	87
Tablo 3-4. Görselleştirme algıçlarının özellikleri	88
Tablo 3-5. Elektrikli/sinyal okuma (elektronik) algıçlarının özellikleri	89
Tablo 3-6. Tümleşik algıçlarının özellikleri	91
Tablo 3-7. Yeni algıçlarda işbirliği	93

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1. <i>Mühendislik ve girişimcilik tasarım modeli (Çakmakçı, in Press)</i>	37
Şekil 2-2. <i>“En Fazla Yük Taşıyabilen Köprü Tasarlıyorum” etkinliği uygulama aşamalar</i>	45

GÖRSELLER LİSTESİ

Görsel 2-1. Sınıf ortamın hazırlanması.....	47
Görsel 2-2. Çocuklar ebeveynleri ile keşfettiklerini paylaşması	48
Görsel 2-3. Kavram haritası	50
Görsel 2-4. Köprü, inşaat mühendisliği mesleği ile ilgili videoları ve eğitici videolar izleme	51
Görsel 2-5. Müzikli Köprü orff dans oyunu.....	52
Görsel 2-6. “Bize bir Köprü Lazım!” adlı hikâye kitabı	52
Görsel 2-7. Hayal et aşaması	56
Görsel 2-8. Köprü eskiz çocuk çizimleri	58
Görsel 2-9. Köprü test etme süreci.....	60
Görsel 2-10. Köprü test sonucu grafikleri	60
Görsel 2-11. Grupların ilk köprü ve geliştirilen köprü tasarımları.....	62
Görsel 2-12. Grupların afiş, logo, sloganları ile ürün tanıtımları	64

1. BÖLÜM

Parçacık Fiziği Açısından 2018 ve 2024 Fizik Dersi Öğretim Programlarının Karşılaştırılması

Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU

- Giriş
- Yöntem
- Bulgular
- Tartışma, Sonuç ve Öneriler
- Kaynakça

Giriş

Fizik, doğadaki olayları, işleyişi ve evrendeki düzeni araştıran uygulamalı bir bilimdir. Dünya nasıl oluşmuştur? Temel bileşenler nedir? gibi sorularla maddenin genel özelliklerini incelemekte, doğadaki işleyişi açıklamaya çalışmakta ve bilimsel yasaları oluşturmaktadır. Bu nedenle fizik bilinmeyene doğru bitmeyen bir yolculuktur. Yeni bilimsel keşiflerle sürekli ilerlemekte ve geleceğe yönelik çıkarımlarda bulunmaktadır. Alanda yapılan inceleme ve araştırmalar sonucu elde edilen bilgiler teori, yaklaşım, model, yöntem ve teknik olarak sunulmaktadır. Böylece yeni teknolojiler, kavramlar, konular, çalışma alanları ya da alt dallar gelişmektedir. Bunların bazıları yıldız, galaksi gibi sonsuz büyüklere, bazıları da karmaşık, soyut ve gözle görülemeyen sonsuz küçüklere odaklanmaktadır. Bunlardan biri de parçacık fiziği olmaktadır.

Parçacık fiziği evrenin en temel yapı taşlarını bulmayı amaçlayan fizik dalıdır. Buna atom altı parçacıklar da denilmektedir. Parçacık fiziğinde maddenin nelerden oluştuğu üzerinde durulmakta ve bu amaçla en küçük taneciğe kadar parçacıklar analiz edilmektedir. Bunların birbirleriyle olan ilişkileri, etkileşimleri ve temel özellikleri araştırılmaktadır. Böylece hem parçacık fiziğinin gelişmesi ve ilerlemesine ışık tutulmakta hem de bilimsel bilgilerin yayılmasına, araştırmacıların yetiştirilmesine, her seviyede eğitim ve teknoloji transferleri yapılmasına katkı sağlanmaktadır (Kamışcıoğlu,2017). Bir başka ifadeyle parçacık fiziği alanında üretilen bilgiler yeni teknolojiler geliştirmek, küresel sorunlara hızlı çözümler bulmak ve evrenin gizemlerini keşfetmek için kullanılmaktadır. Aynı zamanda günlük hayatı iyileştirmek, insanlara kaliteli bir yaşam sunmak, bilimsel bilgi ve becerileri geliştirmek, geleceğe yön vermek için parçacık fiziği büyük önem taşımaktadır.

Öğrencilerin parçacık fiziğini iyi öğrenmeleri için gözlem ve araştırma yapmaları, olgu ve olayları keşfetmeleri, fizik biliminin temel ilke ve yasalarının farkına varmaları gerekmektedir. Bilindiği gibi parçacık fiziği sadece evreni derinlemesine anlamaya kapı açmakla kalmamakta, aynı zamanda öğrencilerin akademik ve mesleki başarıları için gerekli becerileri de geliştirmektedir. Yani birçok alana aktarılabilen eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Araştırma, sorgulama, deney yapma, akıl yürütme, problem çözme gibi çeşitli becerileri geliştiren öğrenciler, gelecekteki akademik ve iş dünyasına daha iyi hazırlanmaktadır. Bu nedenle parçacık fiziği derslerinden en iyi sonuçları alabilmek için nitelikli bir program hazırlamak, ölçülebilir kazanımlar belirlemek ve etkili çalışma teknikleri seçmek çok önemli olmaktadır. OECD tarafından yayınlanan *“Eğitim ve Becerilerin Geleceği: Eğitim 2030”* adlı projede, öğrencilere geleceğin becerilerinin kazandırılmasında öğretim programlarının çok önemli olduğu vurgulanmaktadır (OCDE,2018). Bu nedenle öğrencilerin geleceğine yönelik ihtiyaçları karşılaması için öğretim programlarının bilimsel ve akılcı bir yaklaşımla hazırlanması gerekmektedir.

Ülkemizde sistemli bir fizik dersi öğretimine ağırlıklı olarak lisede başlanmaktadır. Parçacık fiziği ile ilgili temel bilgiler lise son sınıfta verilmektedir. Lise fizik dersi öğretim programlarının 12. sınıfında parçacık fiziğine bir ünite ayrılmakta, bu ünite gerekliliği kazanım ve beceriler sıralanmaktadır. Bu uygulama 2018 ve 2024 Lise Fizik Dersi Öğretim Programlarında açıkça görülmektedir. Ancak her programda parçacık fiziği ile ilgili ünite ve içeriğinde farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin 2018 Lise Fizik Dersi Öğretim Programında öğrencilere kazandırılacak bilgi ve beceriler için “kazanım” ifadesi kullanılmaktadır. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli çerçevesinde hazırlanan 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında ise “öğrenme çıktıları” denilmektedir. Kazanım yerine öğrenme çıktısı kavramının kullanılması,

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metni Türkiye Yeterlilikler Çerçevesine uyum olarak açıklanmaktadır (MEB, 2025).

Öğrenme kazanımları, bir dersin sonunda öğrencilerin bilmesi, yapması ve uygulaması gereken bilgi, beceri, tutum ve değerler olmaktadır. Başka bir ifadeyle dersin sonunda öğrencilerin kazanacağı bilgi, beceri ve yetkinlikleri ifade etmektedir. Öğrencilerin sergilemesi gereken özellikleri ve kazanımları içermektedir. Bu açıdan program hazırlanırken öğrenme kazanımlarını belirleme ve ifade etme biçimi çok önemli olmaktadır. İyi belirlenmiş kazanımlar öğrenme ve öğretme sürecini yönlendirmekte, eğitimin kalitesini artırmaktadır. Bu nedenle öğrenme kazanımlarının bilimsel ve eğitsel yönden dikkatle belirlenmesi, program amaçlarına uygun, öğrenciler tarafından ulaşılabilir, öğretmen tarafından ölçülebilir olması gerekmektedir (Kamışcioğlu, 2023). Bu durum parçacık fiziği ünitesindeki kazanımlar için de geçerli olmaktadır.

Araştırmada parçacık fiziği ile ilgili lise düzeyinde verilen eğitim çalışmalarının içeriği ve düzeyini belirlemek, öğrencilerin üniversiteye nasıl hazırlandıklarını saptamak için fizik dersi öğretim programları incelenmiştir. Bu amaçla son yıllarda uygulanan 2018 ve 2024 yılı Lise Fizik Dersi Öğretim Programları ele alınmış, parçacık fiziği ile ilgili ünitelerin benzer ve farklı yönleri karşılaştırılmıştır. Araştırmada “*Parçacık fiziği açısından 2018 Fizik Dersi Öğretim Programı ile 2024 Fizik Dersi Öğretim Programı’nın amaç, ünite, beceri, kazanım/öğrenme çıktıları, öğrenme-öğretme uygulamaları, ölçme ve değerlendirme yönüyle benzer ve farklılıkları nelerdir?*” sorusuna cevap aranmıştır.

Yöntem

Araştırmada, 2018 ve 2024 Fizik Öğretim Programlarını incelemek için nitel araştırma yöntemi benimsenmiştir. Nitel araştırmalar görüşme, gözlem veya

dokümanlar yoluyla nitel veri toplanarak gerçekleştirilmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2008). Bu yöntem doğrultusunda Programlarla ilgili resmi ve yazılı dokümanlardan nitel veriler toplanmıştır. Çalışma materyali olarak Millî Eğitim Bakanlığı 2018 ve 2024 yılları Lise Fizik Dersi Öğretim Programları ele alınmıştır. MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı web sayfasından erişilen programlar amaç ve içerik yönünden karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş, benzer ve farklı yönleri çıkarılmıştır. Aynı zamanda Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metni de incelenmiştir. Ardından program amaçları, üniteler, beceriler, kazanımlar/ öğrenme çıktıları, öğrenme ve öğretme yaşantıları, ölçme ve değerlendirme gibi başlıklardan elde edilen nitel ve nicel bulgular tablolara aktararak yorumlanmıştır.

Bulgular

Araştırmada elde edilen bulgular 2018 ve 2024 Fizik Dersi Öğretim Programı başlıkları altında benzer ve farklılıklara göre sınıflandırılmıştır. Bulguların verilmesinde araştırma soru sırası izlenmiştir. Bulgular “programların amaçları, üniteler, beceriler, kazanımlar/öğrenme çıktıları, öğrenme ve öğretme uygulamaları, ölçme ve değerlendirme” gibi başlıklar altında verilmiştir. Metin ve tablo başlıklarında Fizik Dersi Öğretim Programları için 2018 FDÖP ve 2024 FDÖP kısaltmaları kullanılmıştır.

Programların Amaçları

Araştırmada Parçacık Fiziği açısından Milli Eğitim Bakanlığı 2018 yılı Fen Lisesi Fizik Dersi ile 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında verilen amaçlar karşılaştırılmıştır. İnceleme sonunda 2018 Programında Fizik dersinin amaçları 13 madde, 2024 Fizik Dersi Öğretim programında ise 15 madde olarak sıralandığı görülmüştür (MEB, 2018; 2024). Bunlar Tablo 1-1’de verilmiştir.

Tablo 1-1. 2018 ve 2024 fizik dersi öğretim programında benzer olan amaçlar

Amaçlar	Program
2. Bilimsel sorgulamanın doğasını anlamaları,	2018
3. Bilimsel muhakemenin ve sorgulamanın doğasını anlamaları,	2024
4. Bilimsel süreç becerilerini kullanarak bilimsel bilgi üretmeleri, problem çözmeleri ve bilimsel bilgiyi paylaşmaları,	2018
8. Fizik bilimine özgü alan becerilerini ve kavramsal becerileri kullanarak bilimsel bilgi üretmeleri ve problemleri çözmeleri,	2024
5. Deney yaparak veri elde etmeleri, bu verileri kullanarak çıkarım yapmaları, yorumlamaları ve genellemelere ulaşmaları,	2018
10. Araştırma ve sorgulamaya dayalı fikirler üretmeleri,	2024
7. Fizik biliminin, toplumsal hayata ekonomiye ve teknolojiye etkisini fark etmeleri,	2018
7. Bilginin ve üretilen teknolojinin toplumların gelişmesine sağladığı katkıları fark etmeleri,	2024
8. Etik ve sosyal etkilerini düşünerek fiziğin uygulamaları ile ilgili bilimsel dayanakları olan kararlar vermeleri,	2018
5. Bilimsel dayanakları olan kararlar vermeleri,	2024
9. Bilgi çağının bir gereği olan araştırma, sorgulama, inceleme, eleştirel düşünme becerilerini hayatın her alanında kullanabilmeleri,	2018
12. Araştırma, inceleme, eleştirel düşünme, problem çözme ve karar verme becerilerini her alanda kullanabilmeleri,	2024
11. İşlevsel projeler, kapsamlı ve özgün tasarımlar, buluşlar üretebilmeleri,	2018
15. Özgün projeler, tasarımlar ve buluşlar üretebilmeleri	2024
12. Fiziğin gelişimine katkıda bulunan bilim insanları hakkında bilgi sahibi olmaları,	2018
14. Fizik bilimine katkı sağlayan bilim insanlarının çalışmalarını yorumlamaları (MEB, 2018,2024).	2024

Tablo 1-1’de de görüldüğü gibi 2018 ve 2024 Fizik Öğretim Programında verilen amaçların 8’ i yani yarıdan fazlası benzer ya da yakın ifadelerle yazılmıştır. Oysa her iki programın hazırlanma süreci, anlayışı ve felsefesi farklıdır. 2024 Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli çerçevesinde hazırlanmıştır. Bu nedenle amaçların daha farklı olması beklenirken

çok az farklılık vardır. Bu durum yani benzer amaçların çok olması fizik dersi öğretim programlarındaki anlayışın sürekliliğini göstermektedir. Programlarda farklı olan amaçlar aşağıda verilmektedir.

Tablo 1-2. 2018 Fizik dersi öğretim programında farklı olan amaçlar

-
1. Fizik biliminin evrendeki olayların anlaşılmasındaki önemini kavramaları,
 3. Bilimin doğası üzerine farkındalık kazanmaları,
 6. Fizik biliminin ilke, prensip ve yöntemlerini günlük hayattaki olay ve/veya durumlarla ilişkilendirmeleri,
 10. Farklı enerji kaynaklarının kullanımına yönelik sosyobilimsel olaylarla ilgili çıkarımda bulunmaları,
 13. Medeniyet tarihimizde öne çıkan düşünür ve bilim insanlarının, bilime yön veren fikir ve çalışmalarını yorumlamaları (MEB, 2018).
-

Tablo 1-2’de de görüldüğü gibi 2018 Fizik Dersi Öğretim Programındaki 5 amaç 2024 Fizik Dersi Öğretim Programındaki amaçlardan farklıdır.

Tablo 1-3. 2024 fizik dersi öğretim programında farklı olan amaçlar

-
1. Fizik bilimine ilgi duymaları ve fizik bilimi ile ilişkili bilimsel bilgiyi keşfetmeye istekli olmaları,
 2. Fizik uygulamalarında sorumluluk almaları, zihnen ve bedenen aktif olmaları,
 4. Dünyayı bilimsel, etik ve sosyal açıdan değerlendirmeleri ve faaliyetlerinin kendisine, çevresine, Türkiye ve dünya üzerindeki etkisine ilişkin sorumluluk geliştirmeleri,
 6. Bilimi ve bilimin etkileri sonucu ortaya çıkan teknolojiyi takip etmeleri,
 9. Alana özgü uygulamalarda fikirlerine ve zihinsel faaliyetlerine bilimsel bakış açısı ile yön vermeleri,
 11. Düşüncelerini alana özgü terimler kullanarak bilimsel kural, teori ve yasalarla, gerektiğinde farklı disiplinleri de dikkate alarak ifade etmeleri,
 13. Kariyer planlamalarında Türkiye'nin kalkınma planlarını dikkate almaları (MEB,2024).
-

Tablo 1-3'te görüldüğü gibi 2024 Fizik Dersi Öğretim Programındaki amaçların 7'si farklıdır. Farklı amaçlar “öğrencilerin fizik bilimine ilgi duyma, bilimsel bilgiyi keşfetmeye istekli olma, uygulamalarda sorumluluk alma, dünyayı bilimsel, etik ve sosyal açıdan değerlendirme, gelişen teknolojiyi takip etme, kendisine bilimsel bakış açısıyla yön verme, düşüncelerini bilimsel yollarla ifade etme, kariyer planlamasında kalkınma planlarını dikkate alma” olarak verilmiştir. Bunlar öğrencilerin fizik bilimine ilgi duymaları, bilimsel bilgiyi keşfetmeye istekli olmaları, fizik uygulamalarında sorumluluk almaları gibi duyuşsal boyuta ağırlık verildiğini göstermektedir.

Parçacık Fiziği Üniteleri

Araştırmada 2018 ve 2024 yılı Fizik Dersi Öğretim Programlarında parçacık fiziği ile ilgili verilen ünitenin adı, konuları, sınıf düzeyi, beceri sayısı, kazanım /öğrenme çıktı sayısı ile ders saati süresi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bunlar Tablo 1-4'te gösterilmektedir.

Tablo 1-4. 2018 ve 2024 fizik dersi öğretim programı parçacık fiziği üniteleri

Programlar	Parçacık Fiziği Üniteleri	Beceri sayısı	Kazanım/ Öğrenme Çıktı Sayısı	Kazanım Açıklama Sayısı	Süre/ Ders Saati	Oran (%)
2018 Fizik Dersi Öğretim Programı	Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite	-	13	33	22	15,4
2024 Fizik Dersi Öğretim Programı	Madde ve Doğası	4/10	6	19	26	18

Tablo 1-4'te de görüldüğü gibi parçacık fiziği 2018 Fizik Dersi Öğretim Programı 12. sınıf “*Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite*” ünitesinde verilmiştir. Bu üniteye parçacık fiziği ile ilgili 13 kazanım, 33 kazanım açıklaması sıralanmış ve

hepsine 22 ders saati süre ayrılmıştır. 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında ise parçacık fiziği 12. sınıfın son ünitesi olan “*Madde ve Doğası*” ünitesinde verilmiştir. Bu Üniteye öğrenme çıktı sayısı yarı yarıya azaltılarak 6’ya düşürülmüş, süresi ise 4 saat artırılarak 26 ders saatine çıkarılmıştır. Bir başka ifadeyle 2018 Fizik Programının %15,4’ü parçacık fiziği konusuna ayrılırken 2024 Programında bu oran %18’e yükselmiştir. Bu durum öğrencilerin parçacık fiziğini iyi öğrenmeleri açısından olumlu olarak değerlendirilmiştir. Becerilere gelince, 2018 Fizik Dersi Öğretim Programı “*Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite*” ünitesinde becerilerden bahsedilmemiştir. Oysa 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında öğrencilere 4 kavramsal beceri, 4 sosyal-duygusal öğrenme becerisi ile 6 okuryazarlık becerisi olmak üzere 14 beceri öngörülmüştür. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır.

Kazandırılacak Beceriler

Araştırmada parçacık fiziği ile ilgili ünitelerde kazandırılacak beceriler incelenmiştir. Bu amaçla önce 2018 Fizik Dersi Öğretim Programı 12. sınıf “*Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite*” ünitesi ele alınmıştır. Bu üniteye öğrencilere kazandırılacak beceriler doğrudan verilmemiş, genel amaçlar ve kazanımlarda bilimsel süreç becerilerine değinilmiştir. 2024 Fizik Dersi Öğretim Programı “*Madde ve Doğası*” ünitesinde ise kazandırılacak beceriler tek tek listelenmiştir. Bunlar Tablo 1-5’te verilmiştir.

Tablo 1-5. 2024 fizik dersi öğretim programı parçacık fiziği ünitesindeki beceriler

Ünite	Alan Becerileri	Kavramsal Beceriler	Sosyal-Duygusal Öğrenme Becerileri	Okuryazarlık Becerileri
MADDE VE DOĞASI	-	-Çözümleme -Sorgulama - Yapılandırma - Tümevarımsal Akıl Yürütme	-Kendini Tanıma (Öz Farkındalık) -Kendini Düzenleme (Öz Düzenleme) -İş Birliği -Sorumlu Karar Verme	-Bilgi Okuryazarlığı -Dijital Okuryazarlık -Görsel Okuryazarlık -Veri Okuryazarlığı -Sürdürülebilirlik Okuryazarlığı -Sanat Okuryazarlığı

Tablo 1-5'te de görüldüğü gibi 2024 Fizik Dersi Öğretim Programı "*Madde ve Doğası*" ünitesinde 4 tür beceriye yer verilmiştir. Beceriler Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metninde belirtilen beceriler çerçevesine uygun belirlenmiştir (MEB, 2025). Bu çerçeveye göre çözümleme, sorgulama, yapılandırma, tümevarımsal akıl yürütme gibi 4 Kavramsal Beceri, kendini tanıma, kendini düzenleme, işbirliği ve sorumlu karar verme gibi 4 Sosyal-Duygusal Öğrenme Becerisi sıralanmıştır. Okuryazarlık Becerileri olarak bilgi okuryazarlığı, dijital okuryazarlık, görsel okuryazarlık, veri okuryazarlığı, sürdürülebilirlik okuryazarlığı, sanat okuryazarlığı olarak 6 beceri verilmiştir. Böylece ilgili üniteye toplam 14 becerinin öğrencilere kazandırılması öngörülmüştür. Bunlar olumlu olarak değerlendirilmiştir. Ancak Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde verilen *bilimsel gözlem, sınıflandırma, bilimsel gözleme dayalı tahmin, bilimsel veriye dayalı tahmin, operasyonel tanımlama, hipotez oluşturma, deney yapma, bilimsel çıkarım yapma, bilimsel model oluşturma, tümevarımsal akıl yürütme, tümdengelimsel akıl yürütme, kanıt kullanma ve bilimsel sorgulama* gibi on üç fen bilimleri alan becerisinin hiç birinin bu üniteye verilmemesi bir eksiklik olarak görülmüştür.

Kazanım/Öğrenme Çıktıları

Parçacık fiziği kazanımları 2018 Fizik Dersi Öğretim Programında Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite ünitesinde verilmiştir. İlgili üniteye kazanımlar *Atom Kavramının Tarihsel Gelişimi, Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu, Radyoaktivite* olmak üzere üç başlık altında sıralanmıştır. Bunlar Tablo 1-6'da sunulmuştur.

Tablo 1-6. 2018 FDÖP kazanımları

1. ATOM KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Kazanım 1.1. Atom kavramını açıklar.

Atom kavramı tarihsel süreç içinde çok ayrıntılara girilmeden verilmesi öngörülmüştür.

Kazanım 1.2. Atomun uyarılma yollarını açıklar.

Sınıfta atomların uyarılma şartlarının tartışılması istenmiştir.

Kazanım 1.3. Modern atom teorisinin önemini açıklar.

Atom teorisinin önemi matematiksel hesaplamalara girilmeden verilmesi önerilmiştir.

Kazanım 1.4. Atomun özelliklerini modern atom teorisine göre açıklar.

Bu kazanımda elektronspini kavramı üzerinde durulması istenmiştir.

2. BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU

2.1. Büyük patlama teorisini açıklar.

Çeşitli teorilerden yararlanarak evrenin nasıl oluştuğunun açıklanması istenmiştir. Bu konuda CERN'de yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

2.2. Atom altı parçacıkların özelliklerini açıklar.

Standart model çerçevesinde atom altı parçacıkların tanımlanması istenmiştir.

2.3. Atom altı parçacıklardan atomların oluşumuna yönelik çıkarımlar yapar.

Atom altı parçacıklar arasındaki etkileşim kuvvetinin açıklanması öngörülmüştür.

2.4. Madde oluşum sürecini açıklar.

Madde oluşumunun atom altı parçacıklardan başlanarak açıklanması istenmiştir.

2.5. Madde ve anti madde kavramlarını açıklar.

3. RADYOAKTİVİTE

3.1. Kararlı ve kararsız durumdaki atomların özelliklerini karşılaştırır.

3.2. Radyoaktif bozunma sonucu atomun kütle numarası, atom numarası ve enerjisindeki değişimi açıklar.

3.3. Nükleer fisyon ve füzyon olaylarını açıklar.

3.4. Radyasyonun canlılar üzerindeki etkilerini açıklar(MEB,2018).

Tablo 1-6’da görüldüğü gibi 2018 Fizik Dersi Öğretim Programında parçacık fiziği öğrenme kazanımları “Atom Kavramının Tarihsel Gelişimi, Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu, Radyoaktivite” başlıkları altında toplanmıştır. Öğrenme kazanımları öğrencilerin bir konuyu öğrendikten sonra ne yapabileceklerini içeren ve kolay ölçülebilir “...açıklar,...karşılaştırır” gibi ifadelerle yazılmıştır. Ayrıca Programda parçacık fiziği ile ilgili 13 kazanım altında 33 açıklama maddesi verilmiştir (Kamışcioğlu, 2020). Bunlarla kazanımların sınırları çizilmiş, nasıl öğretileceği açıklanmış ve yönlendirme yapılmıştır.

Kazanımlar içerik olarak incelendiğinde parçacık fiziğindeki tarihsel gelişmelerin dikkate alındığı görülmektedir. Atom Kavramının Tarihsel Gelişimi konusunda atom kavramı, açıklanması, uyarılma yolları, özellikleri ve önemi ele alınmıştır. Büyük Patlama ve Evren konusunda evrenin oluşması, geleceği ve çeşitli teoriler verilmiştir. Ayrıca Hubble Yasası ile CERN’de yapılan çalışmalar, atom altı parçacıklarının oluşumu, özellikleri, aralarındaki etkileşim kuvveti ve maddenin oluşmasına yönelik kazanımlar sıralanmıştır. Radyoaktivite konusunda, kararlı ve kararsız durumdaki atomların özellikleri, radyoaktif bozunma sonucu atomdaki değişim, nükleer fisyon ve füzyon olayları ile canlılar üzerinde radyasyonun etkilerine ilişkin kazanımlar verilmiştir (Kamışcioğlu, 2023). Bu öğrenme kazanımlarıyla lise öğrencilerinin üniversiteye gelmeden önce parçacık fiziği konusunda sınırlı da olsa bilgi edinmelerine, bilimsel bakış ve tutum kazanmalarına, alt yapı oluşturmalarına çalışılmıştır.

2024 Fizik Öğretim Programında parçacık fiziği 12. Sınıfta “Madde ve Doğası” Ünitesinde ele alınmış ve öğrenme çıktısı ifadesi kullanılmıştır. Bunlar Tablo 1-7’de sunulmuştur.

Tablo 1-7. 2024 FDÖP öğrenme çıktıları

4. ÜNİTE: MADDE VE DOĞASI

4.1. Planck sabitinin modern fiziğin doğuşundaki etkisini çözümleyebilme

- a) Planck sabitinin modern fiziğin ortaya çıkışındaki etkisini siyah cisim ışıması olgusu üzerinden belirler.
- b) Planck sabiti ile fotoelektrik etkinin ilişkisini belirler.

4.2. Fotoelektrik etkinin bağlı olduğu koşullar ve foton kavramına ilişkin tümevarımsal akıl yürütebilme

- a) Fotoelektrik etkinin bağlı olduğu değişkenleri gözlemler.
- b) Fotoelektrik etkinin matematiksel modeline ulaşır.
- c) Fotoelektrik etki ve foton kavramı arasındaki ilişkiyi geneller.

4.3. Fotoelektrik etkinin uygulamaları ile ilgili sorgulama yapabilme

- a) Fotoelektrik etkiyi tanımlar.
- b) Fotoelektrik etki hakkında sorular sorar.
- c) Fotoelektrik etkinin uygulamaları hakkında bilgi toplar.
- ç) Fotoelektrik etkinin uygulamaları ile ilgili toplanan bilgilerin doğru olup olmadığını değerlendirir.
- d) Fotoelektrik etkinin uygulamaları ile ilgili toplanan bilgiler üzerinde çıkarım yapar.

4.4. Standart modelin bileşenlerini çözümleyebilme

- a) Standart modelde yer alan temel parçacıkları belirler.
- b) Temel parçacıklar ve temel kuvvetler arasındaki ilişkileri belirler.

4.5. Modern Atom Teorisi ile ilgili bilgileri yapılandırabilme

- a) Atomun yapısındaki temel parçacıkları inceleyerek aralarındaki ilişkileri ortaya koyar.
- b) Temel parçacıklarla ilgili bilgilerini kullanarak atomun yapısını ortaya koyar.

4.6. Nükleer enerjiyi sorgulayabilme

- a) Nükleer enerjiye ilişkin merak ettiği konuyu tanımlar.
 - b) Nükleer enerjiye ilişkin sorular sorar.
 - c) Nükleer enerji hakkında bilgi toplar.
 - ç) Nükleer enerjiye ilişkin bilgilerin doğruluğunu değerlendirir.
 - d) Nükleer enerjiye ilişkin toplanan bilgiler üzerinden çıkarımlar yapar (MEB, 2024).
-

Tablo 1-7’de görüldüğü gibi 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında parçacık fiziğine ilişkin 6 öğrenme çıktısı verilmiştir. Kazanım yerine öğrenme çıktısının tercih edilme nedeni Türkiye Yeterlilikler Çerçevesine uyum olarak açıklanmıştır (MEB, 2025). Programda öğrenme çıktıları “...çözümleyebilme, ...yapabilme” ifadeleriyle yazılmıştır. Öğrenme çıktısı öğrencinin öğrendikten sonra ne yapacağını açık ve net olarak gösteren ifadelerdir. Öğrenme sürecinin sonuna odaklanmaktadır. Bu nedenle öğrenme çıktıları öğrenci merkezli anlayışla, öğrencinin bir konuyu öğrendikten sonra ne yapacağını içeren ve kolay ölçülebilen ifadelerle yazılmalıdır. Ayrıca Programda öğrenme çıktılarının altında parçacık fiziği ile ilgili kazanım niteliğinde 19 açıklama maddesi verilmiştir. Programda öğrenme çıktıları ile kazanım ifadelerinde karışıklık görülmektedir.

Öğrenme çıktıları içerik olarak incelendiğinde öğrencilerin modern fiziğin temelini oluşturan Planck sabitinin etkisini siyah cisim ışıması olgusu üzerinden sorgulamaları, fotoelektrik etki ve foton kavramına ilişkin akıl yürütmeleri, fotoelektrik etkinin uygulamaları konusunda sorgulama yapmaları hedeflenmiştir. Ardından standart modelin bileşenlerini çözümleyerek Modern Atom Teorisi ile ilgili bilgileri yapılandırmaları ve nükleer enerjiyi sorgulamaları amaçlanmıştır. Bu öğrenme çıktıları 2024 Programında parçacık fiziği içeriğinin 2018 Programına göre çok azaltıldığını göstermektedir. Bunlarla lise öğrencilerine temel bilgi kazandırma, alt yapı oluşturma, bilimsel bakış ve tutum geliştirmenin güç olacağı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca 2024 Fizik Öğretim Programında Madde ve Doğası ünitesinin son sınıfın son ünitesi olması nedeniyle yeterince işlenemeyeceği, öğrencilerin üniversite sınavına odaklanacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan son yıllarda hızla gelişen parçacık fiziği alanı için bu öğrenme çıktılarının yeterli olamayacağı değerlendirilmektedir.

Öğrenme-Öğretme Uygulamaları/ Yaşantılar

Parçacık fiziği öğrenme ve öğretme uygulamaları 2018 ve 2024 Programında farklı verilmiştir. 2018 Fizik Programında verilen 13 kazanım altına 33 açıklama maddesi yazılmış, bu açıklamalarda öğrenme ve öğretme uygulamalarının nasıl yapılacağı belirtilmiştir. Programda verilen parçacık fiziği kazanım açıklama maddelerinin 19'u (%57,6) öğretilecek konunun sınırlarını belirleme, 6'sı (%18,2) verilmeyecek konular hakkında uyarı yapma, 8'i (%24,2) ise yöntem ve teknik önerisi vermeyi içermektedir (Kamışcioğlu, 2023). Örnek olması bakımından iki kazanım ve açıklamaları Tablo 1-8'de sunulmuştur.

Tablo 1-8. 2018 FDÖP öğrenme-öğretme uygulamaları

Kazanım Açıklamaları
2.1. Büyük patlama teorisini açıklar. a) Evrenin oluşumu ve geleceği ile ilgili farklı teorilerin de olduğu vurgulanır. b) Öğrencilerin büyük patlama teorisini destekleyen bilimsel çalışmaları araştırmaları ve araştırma sonuçlarını rapor olarak sunmaları sağlanır. c) Hubble Yasasına değinilir. Matematiksel modeli verilmez. ç) Öğrencilerin sunumlarında Edwin Hubble ve Hubble teleskopuna yer vermeleri sağlanır. d) Öğrencilerin sunumlarında Cern'de yapılan çalışmaların büyük patlama ile bağlantısını tartışmaları sağlanır.
2.2. Atom altı parçacıkların özelliklerini açıklar. a) Öğrencilerin atom altı parçacıkları standart model çerçevesinde tanımlamaları sağlanır. b) Korunum yasaları ile ilgili matematiksel hesaplamalara girilmez. c) Dört temel kuvvetin açıklanması sağlanır. ç) Abdus Salam, Sheldon Glashow ve Steven Weinberg'in Nobel ödülünü elektromanyetik ve zayıf kuvvetin birleşik bir kuvvet görünümünde olduğunu keşfetmeleri üzerine aldıkları vurgulanır.

Tablo 1-8'de de görüldüğü gibi ilgili kazanımın nasıl öğretileceği, sınırları, matematiksel hesaplamalara girilmemesi gerektiği, öğrencilerden beklenenler gibi hususlar açıklanmış, öğrenme-öğretme uygulamaları sırasında yapılacak

çalışmalar genel olarak verilmiştir. Buna karşın 2024 Programında öğrenme-öğretme uygulamaları daha ayrıntılı ele alınmış ve net çizgilerle belirlenmiştir. Öğrencilere öğretilecek bilgi, beceri ve tutumlar tek tek sıralanmıştır. Bu süreçte uygulanacak yöntem ve teknikler önerilmiştir. İlgili bilgiler Tablo 1-9'da sunulmuştur. Karşılaştırmanın daha rahat yapılabilmesi açısından aynı içerikteki kazanım ve öğrenme çıktısı ele alınmıştır.

Tablo 1-9. 2024 FDÖP öğrenme-öğretme uygulamaları

Öğrenme Çıktısı
FİZ.12.4.4 Standart modelin bileşenlerini çözümleyebilme • Evrenin oluşumu ile ilgili Büyük Patlama Teorisi'ne ilişkin bilgi büyük patlamadan sonra temel parçacıkların oluştuğundan söz edilebilir. • Evreni oluşturan temel parçacıklar hakkında bilgi edinmeye odaklanan CERN ve benzeri araştırma merkezlerinde yapılan deneylerle ilgili genel bilgi verilebilir. • Bu deneylerin Büyük Patlama Teorisi ile ilişkisinden söz edilebilir. • Öğrencilere deneylerle tespit edilen temel parçacıkların ve bu parçacıklar arası ilişkilerin Standart Model adında bir modelin unsurları olduğu bilgisi verilir. • Öğrenciler Standart Model'i güvenilir kaynaklardan araştırır ve modelde geçen temel parçacıkları belirleyerek şematize eder. • Öğrencilerin maddelerin temelde aynı parçacıklardan oluştuğu bilgisine ulaşması beklenir. • Temel parçacıkların adları ve sınıflandırmaları ile sınırlı kalınır. • Kuarkların birleşmesiyle oluşan hadronların türleriyle ilgili ayrıntıya girmeden varlığından söz edilir. • Öğrenciler, ön bilgilerinde var olan doğadaki dört temel kuvvet ile bozonlar arasında ilişki kurup bu ilişkiye yönelik güvenilir kaynaklardan bilgi toplayarak temel kuvvetlerin maddenin oluşumundaki rolüne ilişkin çıkarımda bulunur. • Muhammed Abdüsselam'ın bu konuda çalışmalar yaptığı vurgulanır. • Öğrencilere temel parçacıklar ve temel kuvvetleri içeren yapılandırılmış grid ve tanılayıcı dallanmış ağaç verilebilir.

Tablo 1-9'da da görüldüğü gibi ilgili öğrenme çıktısının nasıl öğretileceği, hangi bilgilerin verileceği, konunun sınırları, öğrencilerden beklenenler vb. ayrıntılı olarak sıralanmıştır. Bu açıklamaların öğrenme-öğretme uygulamalarını

kolaylaştırıcı olması ve öğretmeni yönlendirmesi bakımından olumlu değerlendirilmiştir.

Ölçme ve Değerlendirme /Öğrenme Kanıtları

Ölçme ve değerlendirme eğitim sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır. Eğitimdeki gelişme ve ilerlemenin önemli göstergesidir. Eğitim boyunca çeşitli araç ve gereçlerle değerlendirme yapılmaktadır. Bu nedenle programda önemli bir yer ayrılmaktadır. Ölçme ve değerlendirme açısından eski ve yeni fizik programı incelendiğinde farklılıkların olduğu görülmektedir. 2018 Fizik Dersi Öğretim Programında ölçme ve değerlendirme konusu program girişinde genel ilke ve açıklamalarla verilmiştir. Program genelini kapsayan bu açıklamalar şöyledir;

- *“Ölçme ve değerlendirme çalışmaları öğretim programının tüm bileşenleri ile azami uyum sağlamalı, kazanım ve açıklamaların sınırları esas alınmalıdır.*
- *Öğretim programı, ölçme sürecinde kullanılabilecek ölçme araç ve yöntemleri açısından uygulayıcılara kesin sınırlar çizmez, sadece yol gösterir. Ancak tercih edilen ölçme ve değerlendirme araç ve yönteminde, gereken teknik ve akademik standartlara uyulmalıdır.*
- *Bireysel farklılıklar gerçeğinden dolayı bütün öğrencileri kapsayan, bütün öğrenciler için genel geçer, tek tip bir ölçme ve değerlendirme yönteminden söz etmek uygun değildir.*
- *Çok odaklı ölçme değerlendirme esastır. Ölçme ve değerlendirme uygulamaları öğretmen ve öğrencilerin aktif katılımıyla gerçekleştirilir” (MEB 2018).*

Açıklamalarda da görüldüğü gibi 2018 Fizik Programında kazanım ve açıklamalarının sınırı esas alınmakta, ölçme araç ve yöntemlerinde kesin bir sınır çizilmemekte, bütün öğrenciler için genel geçer, tek tip bir ölçme ve

değerlendirme yöntemi uygun görülmemekte, çok odaklı ölçme değerlendirme benimsenmektedir. Bu anlayışın 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında değiştiği, her ünite sonunda ölçme ve değerlendirme çalışmalarına yer verildiği görülmektedir. 2024 Fizik Programında Madde ve Doğası Ünitesi sonunda yapılacak ölçme ve değerlendirme çalışmaları Tablo 1-10'da verilmiştir.

Tablo 1-10. 2024 FDÖP ölçme ve değerlendirme

Öğrenme Kanıtları (Ölçme ve Değerlendirme)
• Öğrenme çıktıları; çıkış kartı (açık uçlu sorular), tanılayıcı dallanmış ağaç, yapılandırılmış grid, görsel tasarım (yapboz) aracılığıyla değerlendirilebilir. • Temel parçacıklar ve temel kuvvetler hakkındaki bilgileri içeren yapılandırılmış grid ve tanılayıcı dallanmış ağaç gibi araçlar kullanılabilir. • Atomu oluşturan parçacıkların kuarklarla nükleonları, nükleonlarla ve elektronlarla atomu, bozonlar yardımıyla etkileşimini görselleştiren bir yapboz tasarımları performans görevi olarak istenebilir. • Test, yapılandırılmış grid ve tanılayıcı dallanmış ağaç puanlama anahtarı ile performans görevi ise dereceli puanlama anahtarı ile değerlendirilebilir. • Performans görevi ile yazılı yoklamalar sonuç değerlendirmede kullanılabilir (MEB, 2024).

2024 Fizik Dersi Öğretim Programında ölçme ve değerlendirme çalışmaları “Öğrenme Kanıtları” başlığı altında verilmiştir. Tablo 1-10'da da görüldüğü gibi parçacık fiziği ile ilgili yapılacak çalışmalar Madde ve Doğası Ünitesi sonunda ele alınmıştır. Bu çalışmalarda uygulanacak yöntemler, araç ve gereçler tek tek sıralanmıştır. Ayrıca öğrencilere verilecek performans görevi ile bunun nasıl değerlendirileceğine ilişkin yönlendirmeler yapılmıştır. Bu açıklamalar parçacık fiziği konularının öğrencilere iyi öğretilmesi ve değerlendirilmesi açısından olumlu görülmüştür.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu araştırmada parçacık fiziği açısından 2018 Lise Fizik Dersi Öğretim Programı ile 2024 Fizik Dersi Öğretim Programı amaç, ünite, beceri,

kazanım/öğrenme çıktıları, öğrenme-öğretme uygulamaları, ölçme ve değerlendirme yönüyle karşılaştırılmış, benzer ve farklılıklar ortaya konulmuştur. Araştırma sonunda 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında önceki programa göre önemli yenilik ve değişiklikler saptanmıştır. Bunların daha çok amaç, ünite, beceri, kazanım, öğrenme- öğretme uygulamaları, ölçme ve değerlendirme boyutunda olduğu görülmektedir.

- **Amaç** yönünden yapılan karşılaştırmada; 2018 ve 2024 Programındaki amaçların yarısından fazlası ortaktır. Bu karşın 2024 Programındaki amaçların yarısı farklıdır. Bu amaçlar 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında öğrencilerin fizik bilimine ilgi duymaları, bilimsel bilgi, bakış, düşünce ve tutum kazanmalarına daha fazla ağırlık verildiğini ortaya koymaktadır.

- **Ünite** yönünden yapılan incelemede; parçacık fiziği 2018 Fizik Programında 12. sınıfta Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite ünitesinde verilmiştir. Bu üniteye parçacık fiziği ile ilgili 13 kazanım ve 33 açıklama maddesi sıralanmış, bunlara 22 ders saati süre ayrılmıştır. Oysa 2024 Fizik Programında ise parçacık fiziği Madde ve Doğası ünitesinde ele alınmıştır. Bu üniteye öğrenme çıktı sayısı yarı yarıya azaltılarak 6'ya düşürülmüş, 19 açıklama maddesi verilmiş, süresi ise 4 saat artırılarak 26 ders saatine çıkarılmıştır. Yeni programda ders sayısının artırılması öğrencilerin parçacık fiziğini iyi öğrenmeleri açısından olumlu değerlendirilmiştir.

-**Beceri** yönünden yapılan incelemede; 2018 Fizik Dersi Öğretim Programı 12. sınıf “Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite” ünitesinde öğrencilere kazandırılacak becerilerin doğrudan verilmediği, ancak genel amaçlar ve kazanımlarda bilimsel süreç becerilerine değinildiği görülmüştür. Buna karşın 2024 Fizik Dersi Öğretim Programı “Madde ve Doğası” ünitesinde kazandırılacak beceriler dört başlık altında halinde sıralanmıştır. Bunlar Türkiye Yüzyılı Maarif

Modeli Öğretim Programları Ortak Metninde belirtilen becerilerden seçilmiştir. Ünitelerde 4 Kavramsal Beceri, 4 Sosyal-Duygusal Öğrenme Becerisi ve 6 Okuryazarlık Becerisi verilmiştir. Böylece toplam 14 becerinin öğrencilere kazandırılması öngörülmüştür. Bunlar olumlu olarak değerlendirilmiştir.

-**Kazanım** yönünden yapılan incelemede; 2018 Programında parçacık fiziği ile ilgili 13 kazanım ve altında 33 açıklama maddesi verilmiştir. Öğrenme kazanımları öğrenci merkezli anlayışla öğrencilerin bir konuyu öğrendikten sonra ne yapabileceklerini içeren kolay ölçülebilir ifadelerle yazılmıştır. Buna karşın 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında parçacık fiziği ile ilgili kazanım yerine 6 öğrenme çıktısı verilmiştir. Bu rakam 2024 Programında parçacık fiziği içeriğinin 2018 Programına göre çok daraltıldığını göstermektedir. Bunlarla lise öğrencilerine temel bilgileri kazandırma, alt yapı oluşturma, bilimsel bakış ve tutum geliştirmenin güç olacağı düşünülmektedir. Ayrıca son yıllarda hızla gelişen parçacık fiziği alanı için bu öğrenme çıktılarının yeterli olmayacağı değerlendirilmektedir.

-**Öğrenme-öğretme uygulamaları/yaşantılar** yönünden yapılan incelemede; 2018 Fizik Programında kazanımların nasıl öğretileceği, hangi çerçeve verileceği, sınırları, matematiksel hesaplamalar, öğrencilerden beklenenler gibi açıklamalarla öğrenme-öğretme sırasında uygulanacaklar sıralanmıştır. Öğrenme-öğretme uygulamaları 2024 Programında daha ayrıntılı ele alınmış ve net çizgilerle sınırlar belirlenmiştir. Öğrenme çıktısının nasıl öğretileceği, hangi bilgilerin verileceği, konunun sınırları, öğrencilerden beklenenler vb. ayrıntılı olarak sıralanmıştır. 2024 Programında verilen bu açıklamaların öğrenme-öğretme uygulamalarını kolaylaştırıcı olması ve öğretmeni yönlendirmesi bakımından olumlu değerlendirilmiştir.

-Ölçme ve değerlendirme/ öğrenme kanıtları yönünden yapılan incelemede; 2018 Fizik Dersi Öğretim Programında ölçme ve değerlendirme ilkeleri program girişinde genel olarak verilmiştir. Ölçme ve değerlendirmede kazanım ve açıklamaların sınırı esas alınmış, ölçme araç ve yöntemlerinde kesin bir sınır çizilmemiş, bütün öğrenciler için genel geçer, tek tip bir ölçme ve değerlendirme yöntemi uygun görülmemiş, çok odaklı ölçme değerlendirme benimsenmiştir. Bu anlayışın 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında değiştiği, her ünite sonunda ölçme ve değerlendirme çalışmalarına yer verildiği görülmektedir. Yeni programda uygulanacak yöntemler, araç ve gereçler tek tek sıralanmıştır. Ayrıca öğrencilere verilecek performans görevi ile bunun nasıl değerlendirileceğine ilişkin yönlendirmeler yapılmıştır. Bu açıklamalar parçacık fiziği konularının öğrencilere iyi öğretilmesi ve değerlendirilmesi açısından olumlu görülmüştür.

Sonuç olarak, 2024 Fizik Dersi Öğretim Programı 2018 Fizik Programına göre önemli farklılıklar taşımaktadır. 2024 Fizik Programında öğrencilerin fizik bilimine ilgi duymaları, bilimsel bilgi, bakış, düşünce ve tutum kazanmalarına daha fazla ağırlık verilmiş, parçacık fiziği ile ilgili ünitenin adı ve içeriği değiştirilmiş, kazanım yerine öğrenme çıktısı kavramı kullanılmış, öğrenme çıktılarının sayısı azaltılmış buna karşın ders süresi artırılmıştır. Öğrenme-öğretme uygulamaları ile ölçme ve değerlendirme çalışmaları daha ayrıntılı verilmiş, çeşitli yöntem, teknik, araç ve gereçler önerilmiştir. Bunların yanı sıra 2024 Fizik Dersi Öğretim Programında 2018 Fizik Programına göre bazı olumsuzluklar da bulunmaktadır. 2024 Fizik Programında sade, anlaşılır ve açık ifadeler yerine ağır ve akademik terimlerin yoğun olduğu bir dil kullanılmıştır. Öğrenme çıktıları, süreç bileşenleri, öğrenme öğretme yaşantıları, öğrenme kanıtları, köprü kurma, farklılaştırma, öğretmen yansıtmaları gibi terimler iyi açıklanmamıştır. Öğrenme çıktıları ve

öğrenme kazanımları kavramsal olarak karışmıştır. Önerilen bazı ölçme ve değerlendirme araçları alanda yaygın bilinen ve kullanılan araçlar değildir. Bu durumlar dikkate alınarak yeni programa ilişkin aşağıdaki hususlar önerilmektedir.

- 2024 Fizik Dersi Öğretim Programı açık ve anlaşılır bir dille yazılmalıdır.
- Öğrenme çıktıları açık, net ve ölçülebilir şekilde ifade edilmelidir.
- Parçacık fiziği ile ilgili öğrenme çıktı sayısı artırılmalı, ünite içeriği zenginleştirilmelidir.
- Süreç bileşenleri iyi açıklanmalı ve örneklendirilmelidir.
- Öğrenme kanıtları, öğrenme öğretme yaşantıları, köprü kurma, farklılaştırma gibi kavramlar öğretmenin kolay uygulayabileceği şekilde sadeleştirilmelidir.

Kaynakça

- Kamışcioğlu, Ç. (2017). OPERA dedektöründeki nötrino-kurşun yüklü akım etkileşmelerinde hadron çokluk dağılımlarının incelenmesi [Yayımlanmamış doktora tezi]. Ankara Üniversitesi.
- Kamışcioğlu, Ç. (2020). Parçacık fiziğindeki gelişmeler ve yönelimler. S. Benzer & B. Topuz (Ed.), *Güncel fen bilimleri çalışmaları* içinde (s.43-63). Akademisyen Kitabevi.
- Kamışcioğlu, Ç. (2023). Learning Outcomes of Particle Physics. Parçacık Fiziği Öğrenme Kazanımları. *The Journal of Limitless Education and Research, Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 8(1) , 91-116. 10.29250/sead.1243511.
- MEB. (2018). *Ortaöğretim fen lisesi fizik dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*. MEB Yayınları.

MEB. (2024). *Ortaöğretim fizik dersi öğretim programı (9, 10, 11 ve 12. sınıflar), Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli*. MEB Yayınları.

MEB. (2025). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metni*. MEB

OCDE (2018). *Le Futur de l'éducation et des compétences Projet Éducation 2030 de l'OCDE*.

Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayınlar.

2. BÖLÜM

Minik Mühendisler Köprü İnşa Ediyor: Okul Öncesinde Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Modeline Dayalı Bir STEM Uygulaması

Nihal ERES, Dr. Öğrt. Üyesi Tuğba ECEVİT

- Giriş
- Yöntem
- Bulgular
- Tartışma, Sonuç ve Öneriler
- Kaynakça

Giriş

Okul öncesi dönemde çocukların gelişimsel özellikleri dikkate alındığında, çevrelerinde karşılaştıkları karmaşık görünen problemlere karşı doğal bir ilgi ve merak geliştirdikleri görülmektedir. Bu yaş grubundaki çocuklar, karşılaştıkları problem durumlarına yönelik çözüm arayışına girmekte; yeni keşifler yapmakta ve yenilikçi çözümler üretmektedirler. Bu süreç, onların bilişsel gelişimini desteklemekte ve öğrenmeye karşı olumlu tutum geliştirmelerine katkı sunmaktadır. Nitekim Cunningham (2009), çocukların doğuştan “meraklı keşifler” olduklarını, tasarım yapmaya, nesneleri parçalara ayırmaya ve nasıl çalıştıklarını anlamaya yönelik içsel bir eğilim gösterdiklerini vurgulamaktadır. Bu doğal mühendislik davranışları, çocukların problem çözme, model oluşturma ve gerekçelendirme gibi bilimsel becerileri erken yaşta deneyimlemeleri açısından önemli fırsatlar sunmaktadır.

STEM eğitimi, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin birbirine entegre edildiği bütüncül bir öğrenme yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır. Ancak mevcut öğretim uygulamalarında STEM bileşenlerinden özellikle mühendislik alanının çoğu zaman ihmal edildiği görülmektedir (Harrison, 2011; Williams, 2011). Oysa mühendislik tasarımı; problem tanımlama, yaratıcı çözüm geliştirme, gerekçelendirme, modelleme ve değerlendirme gibi üst düzey bilişsel becerileri içermekte ve çocukların erken yaşta bilimsel düşünme ve tasarım odaklı düşünme becerilerini geliştirmeleri açısından kritik rol oynamaktadır (Cunningham & Kelly, 2017).

Bu noktada, öğretmenlerin yalnızca mühendislik kavramlarını bilmesi değil, bu kavramların sınıf içi uygulamasına ilişkin pedagojik stratejilere de hâkim olmaları gerekmektedir. Ancak literatürdeki pek çok çalışma, öğretmenlerin

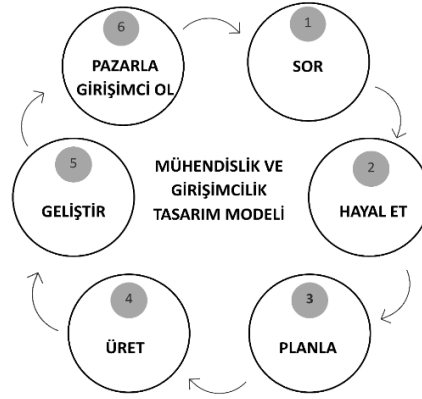
STEM'i çoğunlukla fen ve matematik etkinliklerinin birleşimi olarak algıladıklarını ve mühendislik bileşenini uygulamalarda yeterince temsil etmediklerini ortaya koymaktadır (Wendell & Rodgers, 2013). Bu durum, erken çocukluk eğitiminde mühendislik odaklı öğrenme deneyimlerine yönelik yapılandırılmış öğretmen rehber materyallerinin önemini artırmaktadır.

Araştırmalar, erken çocukluk döneminde edinilen STEM deneyimlerinin çocukların bu alanlara yönelik ilgi, tutum ve kariyer farkındalığı üzerinde uzun vadeli etkiler yarattığını göstermektedir (Campbell ve diğerleri, 2018; İdin & Dönmez, 2020). Bu bağlamda geliştirilen mühendislik ve girişimcilik modeline dayalı STEM etkinlikleri; problem çözme, yaratıcılık, iş birliği, liderlik ve inovasyon gibi çok yönlü becerileri desteklemekte ve çocukları 21. yüzyılın gerektirdiği donanımlarla erken yaşta buluşturmaktadır (Akgündüz & Akpınar, 2018; Dilek ve diğerleri, 2020; Ecevit, 2023; Karademir & Yıldırım, 2021; Öztürk & Çınar, 2022).

Bu çalışmada kuramsal temel olarak kullanılan Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Modeli, okul öncesi çocukların disiplinler arası STEM becerilerini sistematik, yinelemeli ve yaratıcı bir döngü içerisinde geliştirmelerine olanak tanıyan pedagojik bir çerçeve sunmaktadır (Çakmakçı, in press). Model; *Sor, Hayal Et, Planla, Üret, Geliştir ve Pazarla / Girişimci Ol* olmak üzere altı aşamadan oluşmaktadır. Her bir aşama, çocukların düşünme, tasarlama ve üretme süreçlerine aktif olarak katılmalarını desteklemektedir.

Modelin temel gücü, çocukların yalnızca ürün ortaya koymalarını değil, aynı zamanda bu ürünlere ilişkin yenilikçi çözümler geliştirmelerini, başarısızlıkları analiz ederek tasarımlarını yeniden değerlendirmelerini ve geliştirdikleri ürünleri başkalarına sunmalarını teşvik etmesidir (Ecevit, 2023). Bu yönüyle model, erken çocukluk eğitiminde STEM'e yönelik bütüncül bir yaklaşım sunmakta ve çocukların

hem bilişsel hem de sosyal-duygusal gelişimlerine çok boyutlu katkılar sağlamaktadır. Modelin aşamaları ve süreç akışı Şekil 2-1’de sunulmaktadır.



Şekil 2-1. Mühendislik ve girişimcilik tasarım modeli (Çakmakçı, in Press)

Sor: Bu ilk aşamada çocukların üzerinde çalışacakları problemi anlamaları ve problemin koşulları ile sınırlılıklarını keşfetmeleri amaçlanır. Öğretmen, çocukların dikkatini çekmek için günlük yaşamdan alınan güncel ve anlamlı problem durumlarını haberler, kısa videolar, fotoğraflar, karikatürler, afişler veya hikâyeler yoluyla sunar. Sorularla çocukların problem durumunu tartışmaları, örüntüleri fark etmeleri ve neden-sonuç ilişkileri kurmaları desteklenir.

Hayal Et: Bu aşamada çocuklar, tanımlanan problemle ilgili çözüm yolları üretmek için bireysel ya da grup hâlinde beyin fırtınası yaparlar. Farklı ve yaratıcı fikirlerin ifade edilmesine değer verilir; çocukların birbirlerinin fikirlerine saygı göstermesi, değerlendirme yapmadan fikirleri paylaşmaları teşvik edilir. Hayal gücünün sınırsız kullanımı esastır. Çocukların önerdiği fikirlerin nedenlerini açıklamaları, bir problemi birden fazla yolla çözebileceklerini fark etmeleri sağlanır. Bu süreçte özgünlük, yenilikçilik ve toplumsal ihtiyaçlara duyarlılık ön plana çıkar.

Planla: Çocuklar fikirler arasından bir ya da birkaçını seçerek bunların nasıl uygulanabileceğine dair plan yaparlar. Bu aşamada gerekli malzemeler belirlenir, tasarımın nasıl bir sıra ile inşa edileceği kurgulanır, çizim ya da modellemeler yapılır. Planlama, çocuklara hedefe ulaşmak için strateji geliştirme, karar verme, mantıksal akıl yürütme ve zaman yönetimi gibi beceriler kazandırır. Öğretmen, bu süreçte açık uçlu sorularla çocukların planlarını detaylandırmalarına yardımcı olur.

Üret: Planlanan tasarım gerçek malzemelerle prototip olarak hayata geçirilir. Bu aşama, çocukların hem motor becerilerini hem de malzeme bilgilerini aktif olarak kullandıkları ve fiziksel olarak ürünle etkileşim kurdukları bölümdür. Prototip üretimi sırasında çocuklar deneme-yanılma yöntemini kullanır, bazen başarısız olur, bazen anlık çözümler geliştirirler. Süreçte hata yapmanın öğrenmenin doğal bir parçası olduğu fark ettirilir. Öğretmen, üretim sürecinde çocuklara rehberlik eder; ancak çözümleri doğrudan sunmak yerine onların düşünmesini ve yeniden denemesini sağlar.

Geliştir: Üretilen tasarım çeşitli açılardan test edilir. Dayanıklılık, işlevsellik, estetik, çözüm uygunluğu gibi kriterler göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılır. Geri bildirimlerle tasarımın güçlü ve zayıf yönleri tartışılır. Gerekirse yeniden tasarlanır, malzeme değiştirilir ya da tasarıma yeni özellikler eklenir. Bu yinelemeli döngü çocukların eleştirel düşünme, öz değerlendirme, sabır ve azim gibi üst düzey becerilerini geliştirir.

Pazarla / Girişimci Ol: Bu son aşamada çocuklar, geliştirdikleri ürün ya da çözümü başkalarına tanıtmak üzere bir sunum hazırlarlar. Ürünlerine bir isim verir, logo tasarlar, afiş ve reklam materyalleri üretirler. Hedef kitle belirleme, ürünün neden tercih edilmesi gerektiğini açıklama, benzer ürünlerden farkını vurgulama gibi basit girişimcilik becerileri üzerinde çalışılır. Çocuklar, yaptıkları işe değer verilmesini ve kendilerini ifade edebilmeyi öğrenirler. Bu aşama çocukların öz

güven, liderlik ve toplumsal katkı bilinci geliştirmelerini de destekler (Ecevit, 2023).

Bu bölümde, okul öncesi dönem için geliştirilen ve Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Modeli'ne dayalı olarak yapılandırılan “*En Fazla Yük Taşıyabilen Köprü Tasarlıyorum*” başlıklı STEM etkinliğinin planlama ve uygulama süreçleri ayrıntılı biçimde sunulmaktadır. Etkinlik, çocukların mühendislik temelli düşünme biçimlerini tanımalarını, problem çözme, yaratıcı düşünme, iş birliği ve karar verme gibi becerilerini geliştirmelerini hedefleyen bütüncül bir öğrenme deneyimi olarak tasarlanmıştır.

Yöntem

Bu araştırma, okul öncesi dönemde geliştirilen “*En Fazla Yük Taşıyabilen Köprü Tasarlıyorum*” adlı STEM etkinliğinin, Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Modeli doğrultusunda planlanması, uygulanması ve sınıf bağlamında pedagojik açıdan değerlendirilmesi sürecini ayrıntılı biçimde incelemek amacıyla, nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kapsamında yapılandırılmıştır (Yıldırım & Şimşek, 2021).

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, 2023-2024 eğitim-öğretim yılı ikinci döneminde Düzce ilinde bulunan bir devlet ilkokulu bünyesindeki okul öncesi eğitim kurumuna devam eden 5 yaş grubu anasınıfından 20 çocuk oluşturmaktadır. Bu çocuklardan 11'i kız, 9'u erkektir. Çalışma grubunda özel gereksinimli çocuk bulunmamaktadır. Çocukların tamamı, bilimsel kavramlarla yeni tanışmakta olup STEM yaklaşımına dair ilk uygulama deneyimlerini bu etkinlik kapsamında edinmişlerdir.

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada, okul öncesi düzeyde yürütülen mühendislik ve girişimcilik tasarım modeline dayalı STEM etkinliğinin pedagojik yapısını, uygulanma sürecini ve çocukların öğrenme davranışlarını çok yönlü olarak incelemek amacıyla nitel veri toplama araçları kullanılmıştır. Araştırmanın odak noktası, etkinliğin nasıl yapılandırıldığı, çocukların sürece nasıl katıldığı ve öğretmen rehberliğinin bu süreci nasıl şekillendirdiği üzerine kurulmuştur.

Veri toplama sürecinde, öğretmenin rehberlik sürecine ilişkin değerlendirmelerini ortaya koymak amacıyla öğretmen gözlem formları, öğretmen günlükleri ve süreç boyunca alınan öğretmen notlarından yararlanılmıştır. Bu veriler, çocuklara sağlanan yönlendirmelerin niteliğini ve öğretmenin süreci nasıl yönettiğini ortaya koymak açısından önemli bir kaynak oluşturmuştur.

Veri Analizi

Bu araştırmada elde edilen nitel veriler, içerik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir (Creswell, 2013). Veriler; öğretmen gözlem formları, öğretmen günlükleri, çocuk etkinlik değerlendirme formları ve çocukların süreç boyunca ürettikleri çalışma sayfalarından oluşmuştur. Analiz sürecinde, veriler öncelikle açık kodlama yoluyla incelenmiş, ardından benzer ifadeler bir araya getirilerek temalar ve alt temalar oluşturulmuştur (Bogdan & Biklen, 2007). Kodlama sürecinde, çocukların öğrenme sürecine katılım biçimleri, ifade ettikleri kavramlar, duyuşsal yansımalar ve pedagojik uygulamalara verdikleri tepkiler temel alınmıştır.

Veri analizi, araştırmanın temel amacı doğrultusunda süreç odaklı biçimde yapılandırılmıştır. Bu bağlamda, STEM etkinliğinin ne olduğundan çok, nasıl

uygulandığı ve çocukların bu uygulama sürecine nasıl dâhil oldukları değerlendirilmiştir. Amaç, çocukların öğrenme sürecine hangi yollarla katıldığını, pedagojik uygulamaların bu süreci nasıl desteklediğini ve öğrenme deneyiminin çok boyutlu yapısını ortaya koymaktır.

Kodlama ve analiz süreci araştırmacı üçlüsü tarafından yürütülmüş, yorumların güvenilirliğini artırmak amacıyla çapraz kontroller yapılmış ve anlam birimlerinde % 80 üzerinde görüş birliği sağlanmıştır. Bulgular, tematik yapıda sunulmuş; doğrudan alıntılarla desteklenerek analiz bulgularının özgünlüğü ve geçerliği artırılmıştır (Patton, 2002).

Bu çalışmada yer alan çalışma grubunu oluşturan çocuklar, etik ilkelere uygun biçimde anonimleştirilmiş ve cinsiyete dayalı olarak kodlanmıştır. Kız çocuklar *K1, K2, K3...*; erkek çocuklar ise *E1, E2, E3...* şeklinde tanımlanmıştır. Bulgular bölümünde sunulan doğrudan alıntılar, bu kodlama sistemine dayalı olarak verilmiş ve her bir çocuğun özgün ifadesi, öğrenme sürecine ilişkin bireysel katkıyı ve sübjektif deneyimi yansıtan birer veri olarak değerlendirilmiştir.

Etkinliğin Planlanması ve Tasarlanması

Bu çalışma kapsamında geliştirilen “En Fazla Yük Taşıyabilen Köprü Tasarlıyorum” etkinliği, okul öncesi çocukların STEM eğitimi yaklaşımı çerçevesinde mühendislik ve girişimcilik temelli bir tasarım sürecini deneyimlemelerini amaçlayan, çok boyutlu ve bütüncül bir öğretim planı doğrultusunda yapılandırılmıştır. Etkinlik, köprü tasarımı ve inşa süreçlerini merkeze alarak çocukların malzeme seçimi, denge, yük taşıma kapasitesi gibi temel mühendislik kavramlarını yaşantı yoluyla keşfetmelerini hedeflemektedir.

Bu planlama süreci yalnızca çocukların gelişimini desteklemekle kalmamakta; aynı zamanda öğretmen için yol gösterici bir rehber materyal işlevi

görmektedir. STEM eğitiminin yalnızca “ne yapıldığına” değil, “nasıl yapıldığına” odaklanan pedagojik doğası gereği, öğretmenin süreci önceden yapılandırması ve her aşamayı bilinçli bir şekilde yürütmesi büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde, süreç yalnızca ürün odaklı bir etkinliğe dönüşebilir ve beklenen öğrenme kazanımları sınırlı kalabilir. Bu bağlamda, etkinliğin dört temel aşamada planlanması, öğretmene sistematik bir yapı sunmakta ve uygulamanın pedagojik niteliğini artırmaktadır. Etkinlik, aşağıda belirtilen dört temel aşama doğrultusunda yapılandırılmıştır:

1. Aşama: Ebeveynimle Köprüleri Keşfediyorum

Bu ilk aşama, çocukların köprülerle ilgili ön bilgilerini desteklemeyi ve aileleriyle birlikte keşfetme sürecine aktif olarak katılmalarını hedeflemektedir. Sürece ebeveyn katılımı entegre edilerek, öğrenmenin okul dışına taşması ve çocukların bilimsel merak duygularının sosyal bağlamda desteklenmesi amaçlanmıştır. Ailelere süreç hakkında bilgilendirme yapılmış ve şu materyaller sunulmuştur:

- “Ebeveyn bilgilendirme mektubu”
- “Köprüleri Keşfediyorum” aile çalışma sayfası
- “Parça-Bütün Köprü” çalışma yönergesi

2. Aşama: Keşfettiklerimi Paylaşıyorum

Bu aşamada çocukların, aileleriyle birlikte edindikleri gözlemleri sınıf arkadaşlarıyla paylaşmaları sağlanmaktadır. Öğretmen rehberliğinde yapılandırılan sunum sürecinde, çocuklara öğrendiklerini anlatma, akranlarının sunumlarına dikkat etme ve yansıtıcı sorularla düşünme fırsatı sunulmuştur. Ayrıca süreç sonunda her çocuğa bir katılım belgesi verilerek motivasyon desteklenir.

3. Aşama: Kendi Köprümü Tasarlıyorum

Bu aşama, okul öncesi çocukların mühendislik ve girişimcilik odaklı düşünme biçimlerini deneyimleyebilmeleri için özel olarak planlanmıştır. Etkinlik, Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Modeli temel alınarak yapılandırılmış ve her bir adım, çocukların somut yaşantılarla öğrenebileceği şekilde sadeleştirilmiştir. Öğretmen için bu döngü, etkinliği sadece ürün odaklı olmaktan çıkararak, pedagojik süreçlerin bilinçli ve yapılandırılmış şekilde yürütülmesini sağlayan bir rehber niteliği taşımaktadır. Bu aşamada aşağıdaki hedefler ön plandadır:

Sor: Çocukların karşı karşıya kaldıkları mühendislik problemini (yük taşıyan bir köprü inşa etme) anlamlandırmaları,

Hayal Et: Öğrencilerin yaratıcı çözüm önerileri üretmeleri ve alternatif fikirler üzerinde düşünmeleri,

Planla: Tasarım sürecine başlamadan önce çocukların malzeme belirlemeleri, taslak çizim yapmaları ve grup içinde iş birliğiyle karar almaları,

Üret: Belirlenen plana göre köprü prototipini oluşturmaları ve uygulama sürecine geçmeleri,

Geliştir: Ürünü test etmeleri, alınan geri bildirimleri değerlendirerek tasarımlarında yapısal iyileştirmelere yönelmeleri,

Pazarla/Girişimci Ol: Geliştirdikleri ürünleri tanıtmaları, isimlendirmeleri ve tasarımlarını anlamlı bir şekilde sunmaları.

Bu aşamanın planlanmasında öğretmenin görevi; süreci yapılandırmak, her adımı yaş gelişimine uygun hâle getirmek, çocuklara rehber sorular ve destekleyici yönlendirmelerle yol göstermektir. Böylece çocuklar, mühendis gibi düşünebilmenin ilk adımlarını atarken, sürecin her aşamasında aktif katılım

göstermeye teşvik edilirler. Bu süreç boyunca çocukların grup çalışması, karar verme, yaratıcı düşünme ve ürün geliştirme, test etme becerilerinin gelişmesi hedeflenmiştir.

Etkinlikte kullanılan malzemeler:

- Renkli karton
- Kağıt rulolar
- Makas
- Yapıştırıcı
- Renkli kalem

Malzemeler, çocukların hem güvenli hem yaratıcı bir öğrenme süreci yaşamalarını sağlayacak şekilde seçilmiştir.

4. Aşama: Köprü Tasarımını Değerlendiriyorum

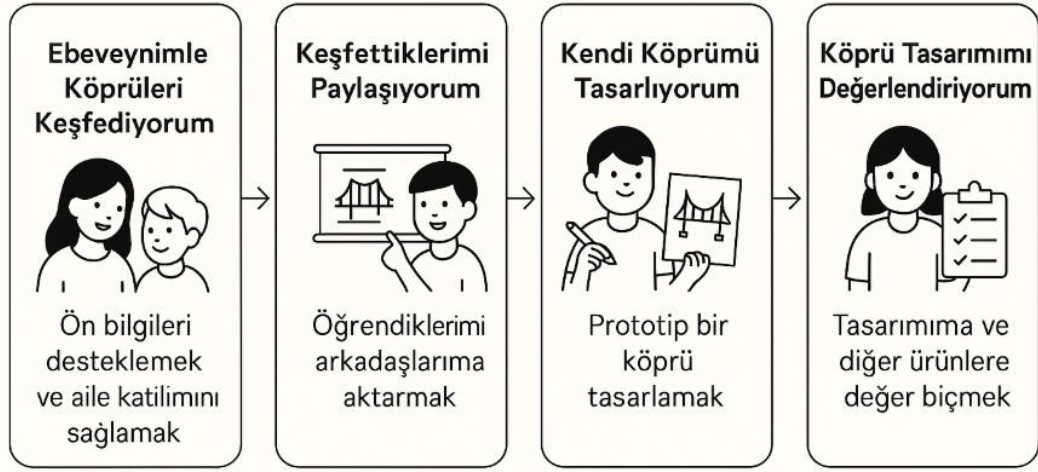
Son aşamada çocukların hem kendi ürünlerini hem de diğer grupların tasarımlarını değerlendirmeleri planlanmıştır. Süreç, şu uygulamalarla desteklenmiştir:

- Öz değerlendirme için rehber sorular
- Akran değerlendirme formları
- Yansıtıcı konuşmalar

Bu yapı, çocukların değerlendirme kültürü ile erken yaşta tanışmalarını ve başkalarının fikirlerine değer verme becerilerini geliştirmelerini amaçlamaktadır.

Bu dört aşamalı yapı, okul öncesi öğretmenleri için yalnızca bir etkinlik dizini değil; aynı zamanda STEM uygulamalarını pedagojik bütünlük içinde yürütmeye yönelik yapılandırılmış bir öğretim rehberi olarak işlev görmektedir. Etkinlik öncesi hazırlık, uygulama sırasındaki yönlendirme ve değerlendirme süreci

boyunca öğretmenin rehberlik rolünü etkili bir şekilde üstlenmesine imkân tanımaktadır. Etkinliğe ilişkin dört aşamalı yapı Şekil 2-2’de sunulmaktadır.



Şekil 2-2. “En Fazla Yük Taşıyabilen Köprü Tasarlıyorum” etkinliği uygulama aşamalar

En Fazla Yük Taşıyabilen Köprü Tasarlıyorum Etkinlik Aşamalarının Ayrıntılı Uygulama Süreci

Bu bölümde, etkinliğin dört temel aşaması ayrıntılı olarak ele alınmakta; her bir aşamada öğretmen ve öğrenci rollerine odaklanan bir anlatım sunulmaktadır. Hedefimiz; sınıf içi uygulamanın nasıl yürütüldüğünü, öğretmenin sürece nasıl rehberlik ettiğini, çocukların hangi görevleri üstlendiğini ve öğrenme çıktılarının nasıl şekillendiğini bütüncül biçimde ortaya koymaktır.

1. Aşama: Ebeveynle Keşif Aşaması

Etkinlik, çocukların ön bilgilerini harekete geçirmeyi ve öğrenme sürecine aile desteğini dahil etmeyi amaçlayan bir ev çalışması ile başlamıştır. Bu aşamada öğretmen, ebeveynlere etkinlik öncesinde bilgilendirme mektubu ve düşündürücü sorular içeren bir aile çalışma sayfası göndermiştir. Aileler, çocuklarıyla birlikte

köprüler ve köprü çeşitleri hakkında araştırma yapmış, konuyla ilgili temel bilgiler edinmiştir.

Bu aşamada öğretmenin görevi, aile katılımını teşvik eden materyalleri hazırlamak ve ailelerin nasıl rehberlik edebileceği konusunda yönlendirme sağlamaktır. Ayrıca öğretmen, soruların çocukların yaş düzeyine uygunluğu ve düşünmeye teşvik edici niteliği üzerinde özenle çalışmıştır.

Çocuklar, aileleriyle birlikte çeşitli kaynakları kullanarak köprüler hakkında bilgi toplamış; çevrelerindeki köprüleri gözlemlemiş ve öğrendiklerini paylaşmak üzere notlar almıştır.

Düşündürücü sorulardan bazı örnekler şunlardır:

- “Köprüler olmasaydı ne tür zorluklarla karşılaştık?”
- “Köprüler hangi yerleri birbirine bağlar?”
- “Köprülerin çevremizdeki yaşamı nasıl kolaylaştırdığını hiç düşündünüz mü?”
- “Hangi hayvanlar ve araçlar köprüleri kullanır?”
- “Köprülerin neden bazen eğri veya kıvrımlı olduğunu düşünüyorsunuz?”
- “Bir inşaat mühendisi bir köprüyü veya binayı nasıl planlar?”

Bu sorular, çocukların konuyla ilgili bilimsel farkındalıklarını geliştirmeyi, merak duygularını harekete geçirmeyi ve aileleriyle ortak bir öğrenme süreci yaşamalarını desteklemeyi amaçlamıştır.

2. Aşama: Keşfettiklerimi Paylaşıyorum

Bu aşama, çocukların aileleriyle birlikte gerçekleştirdikleri ön çalışmalarda edindikleri bilgileri sınıf arkadaşlarıyla paylaşarak sözel ifade becerilerini, bilimsel iletişim yeterliklerini ve özgüvenlerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Sürecin

başında öğretmen, sınıf ortamını köprü temasıyla donatarak sunumlar için ilgi çekici ve destekleyici bir atmosfer oluşturmuştur (Görsel 2-1). Her çocuk, hazırladığı içerikleri sunma fırsatı bulmuş ve bu süreçte öğretmen rehberliğinde yürütülen yansıtıcı sorular yoluyla sunum değerlendirme uygulamaları gerçekleştirilmiştir.



Görsel 2-1. Sınıf ortamının hazırlanması

Öğretmen, çocukların sunumlarına rehberlik etmiş; çocukların sunum yaparken kendilerini ifade etmelerini, arkadaşlarını dinlemelerini ve sunumlara yönelik düşüncelerini paylaşmalarını desteklemiştir. Sunum sonunda her çocuğa başarı belgeleri verilerek, etkinliğe yönelik motivasyonları artırılmıştır.

Çocuklar, ailelerinden edindikleri bilgileri sunum yoluyla arkadaşlarına aktarmış (Görsel 2-2); öğretmenin sorularına cevap vererek düşüncelerini ifade etmiş, diğer sunumlara ilişkin gözlemlerini paylaşmıştır. Bu süreçte çocuklar hem sunum yapmanın heyecanını yaşamış hem de başkalarının öğrenmelerine katkı sunmuştur.



Görsel 2-2. Çocuklar ebeveynleri ile keşfettiklerini paylaşması

Yansıtıcı değerlendirme soruları:

- “Sunum yaparken en çok neyi sevdiniz?”
- “En çok hangi konudan zevk aldınız?”
- “En beğendiğiniz şekil veya resim hangisiydi?”
- “Sunumdan en ilginç ne öğrendiniz?”
- “Arkadaşlarınızdan farklı olarak hangi bilgiyi öğrendiniz?”

Bu aşamada yapılan sınıf içi gözlemler ve çocukların paylaştığı ifadeler, sunum etkinliğinin çocukların öğrenme süreçlerine çok yönlü katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Etkinlik süresince çocukların, sahip oldukları bilgileri organize ederek arkadaşlarıyla paylaşma fırsatı buldukları, bu sürecin duyuşsal, sosyal ve bilişsel becerilerle bütünleşik biçimde yürütüldüğü görülmüştür.

Çocukların etkinliğe yüksek düzeyde duygusal katılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Örneğin, K8 kodlu çocuk, sunum yaparken heyecanlandığını ancak bu heyecanın kendisine mutluluk verdiğini ifade ederek, olumlu duygulanımlar aracılığıyla öğrenme sürecine aktif olarak dâhil olduğunu ortaya

koymuştur. Benzer şekilde, E6 kodlu çocuk, köprülerin büyük halatlarını izlemekten büyük keyif aldığını belirtmiş ve bu ifadesiyle hem dikkatini yönlendirme hem de estetik gözlem becerilerinin desteklendiği anlaşılmıştır. E9 kodlu çocuk ise bir arkadaşının sunumunu özellikle beğendiğini dile getirmiştir; bu durum, akran etkileşimi ve sosyal öğrenmenin etkili biçimde gerçekleştiğini göstermektedir. Etkinlik sürecinde, çocukların kavramsal kazanımlar elde ettikleri de dikkat çekicidir. E9 kodlu çocuk, *“Her köprünün farklı olduğunu ve ülkelerin farklı köprüleri olduğunu öğrendim”* ifadesiyle köprülerin yapısal çeşitliliği ve kültürel farklılıklar bağlamında öğrenme gerçekleştirdiğini belirtmiştir. E6 kodlu çocuk ise *“Farklı türde köprüler olduğunu ilk kez duydum”* sözleriyle, ön bilgilerinin üzerine yeni kavramlar inşa ettiğini ifade etmiştir. Öte yandan, bazı çocukların sunum sonrasında ileriye dönük öğrenme isteği geliştirdiği gözlemlenmiştir. Özellikle köprülerin parçaları, işlevsel özellikleri ve yapım süreçlerine dair daha fazla bilgi edinme arzusu dile getirilmiştir. Bu durum, çocukların yalnızca edinilmiş bilgileri aktarmakla kalmayıp, öğrenme sürecinde yeni sorular üretmeye başladıklarını ve bilişsel olarak derinleşmeye yönelik eğilim gösterdiklerini ortaya koymaktadır.

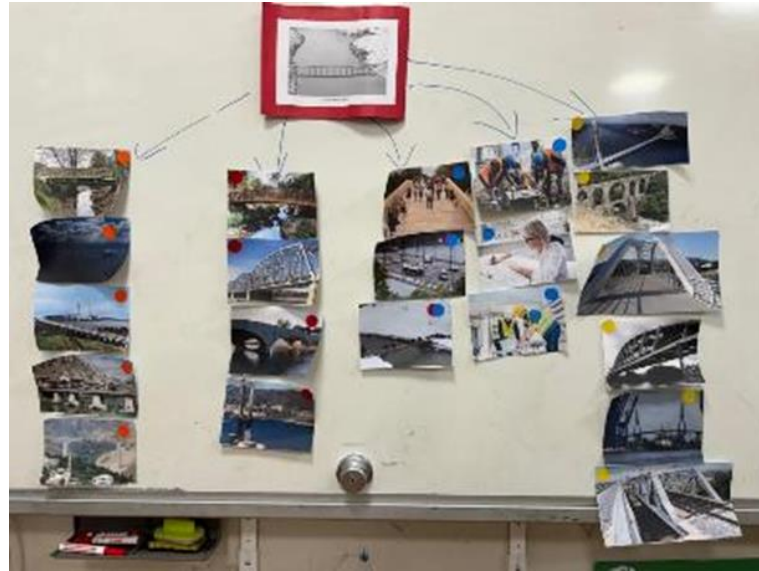
Genel olarak bu aşama, çocukların yalnızca bilgi paylaşımı yapmalarını değil; aynı zamanda akranlarının sunumlarını değerlendirmelerini, bilimsel iletişim becerilerini geliştirmelerini ve kendi öğrenme yolları üzerine düşünmelerini sağlamıştır. Böylece sunum etkinliği, duyuşsal, bilişsel ve sosyal becerileri bütünleştiren çok boyutlu bir öğrenme ortamı sunmuştur.

3. Aşama: Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Süreci Aşaması

Bu aşama, çocukların mühendislik ve girişimcilik temelli düşünme becerilerini geliştirmeyi amaçlayan uygulamaların gerçekleştirildiği temel yapılandırma sürecidir. Etkinlik, *“En Fazla Yük Taşıyan Köprü Tasarlıyorum”*

başlığıyla kurgulanmış ve çok aşamalı öğrenme fırsatları içerecek biçimde planlanmıştır.

Uygulama öncesinde, çocukların köprülerle ilgili mevcut bilgi düzeylerini ve olası kavram yanlışlarını ortaya çıkarmak amacıyla kavram haritası oluşturulmuştur. Bu süreçte, bazı çocukların “kablo” ve “ip” gibi kavramları birbirine eşdeğer şekilde kullandığı ya da yapısal işlevlerini karıştırdığı gözlemlenmiştir. Öğretmen rehberliğinde gerçekleştirilen bu kavramsal düzenleme etkinliği, çocukların ön bilgilerini görünür kılma ve yapılandırılmış öğrenmeye geçiş için zemin hazırlama işlevi görmüştür (Görsel 2-3).



Görsel 2-3. Kavram haritası

Köprü çeşitleri ve kullanım alanlarına ilişkin farkındalığı artırmak amacıyla eğitici video içerikleri sınıf ortamında birlikte izlenmiş ve ardından çocukların gözlemlediklerini resimleme ve boyama yoluyla ifade etmeleri sağlanmıştır. Bu uygulama, hem görsel materyal destekli öğrenmeyi hem de çocukların bireysel anlam yapılarını somutlaştırmalarını desteklemiştir (Görsel 2-4).



Görsel 2-4. Köprü, inşaat mühendisliği mesleği ile ilgili videoları ve eğitici videoları izleme

Sürecin devamında, öğretmen tarafından önceden hazırlanmış müzikli “Köprü Orff Dansı” etkinliği uygulanmıştır. Bu etkinlikte çocuklar ikişerli gruplar oluşturarak bedenleriyle köprü biçimleri canlandırmış, ritim ve müzik eşliğinde grup koordinasyonu ve yaratıcı düşünme becerileri desteklenmiştir (Görsel 2-5). Çocukların bu etkinlik sırasında gösterdikleri fiziksel katılım ve yaratıcı jestler, onların konuyu çok boyutlu biçimde deneyimlediklerini göstermektedir.



Görsel 2-5. Müzikli Köprü orff dans oyunu

Ardından, öğretmen rehberliğinde “Bize Bir Köprü Lazım!” adlı hikâye kitabı okunmuş ve hikâyedeki karakterlerle empati kurmaya yönelik tartışmalar gerçekleştirilmiştir. Çocukların hikâyeye ilişkin duygu ve düşüncelerini ifade etmeleri sağlanmış, bu bağlamda hikâye tabanlı öğrenme aracılığıyla bilişsel ve duyuşsal bütünleşme desteklenmiştir (Görsel 2-6). Özellikle köprüye duyulan ihtiyaç, birlikte çözüm arama ve toplumsal fayda gibi temalar üzerine yapılan sınıf içi sohbetler, çocukların mühendislik kavramlarını sosyal yaşamla ilişkilendirme becerilerini artırmıştır.



Görsel 2-6. “Bize bir Köprü Lazım!” adlı hikâye kitabı

Bu aşama genel olarak, çocukların kavramsal bilgilerini yapılandırmalarına, yaratıcı biçimde ifade etmelerine, mühendislik mesleğine dair farkındalık geliştirmelerine ve empati, dayanışma gibi sosyal becerileri uygulama ortamı bulmalarına olanak tanımıştır.

Sor Aşaması

Bu aşamada çocuklara, gerçek yaşamla ilişkili ve açık uçlu bir problem durumu sunularak mühendislik odaklı düşünme becerilerini harekete geçirmeleri amaçlanmıştır. Öğretmen rehberliğinde yürütülen süreçte çocuklara şu senaryo sunulmuştur.

“Okul bahçesindeki park alanında oyuncak aracınızı geçirebileceğiniz bir köprüye ihtiyacımız var. Bu köprü hem oyuncak aracınızı taşıyabilecek kadar dayanıklı hem de güvenli olmalı. Amacımız, mümkün olduğunca güçlü ve işlevsel bir köprü tasarlamak.”

Problem durumunun ardından, çocukların sürece aktif katılımını teşvik etmek amacıyla aşağıdaki yönlendirici sorular sorulmuştur:

- “Köprünüzün en fazla yük taşıyabilmesi için neler yapabiliriz?”
- “Hangi malzemelerle ve nasıl bir köprü tasarlayabiliriz?”

Bu sorular etrafında yürütülen tartışmalarda, çocukların köprünün işlevi, yapım süreci ve malzeme özelliklerine yönelik bilgi ve deneyimlerini yansıttıkları gözlemlenmiştir. Örneğin, K8 kodlu çocuk, *“Oyuncak olacaksa küçük tahtalar var, çubuklar... İşte onları koyardım, altına merdiven yapardım. Yapıştırarak. Sonra iplik yaparak da tutunurdu, insanlar oradan geçerdi.”* şeklindeki ifadesiyle, köprü tasarımına ilişkin çok bileşenli bir öneride bulunmuştur. Bu ifade, çocuğun taşıyıcılık, yapısal destek ve kullanıcı güvenliği gibi kritik mühendislik kavramlarına yönelik sezgisel farkındalık geliştirdiğini göstermektedir.

Çocukların büyük çoğunluğu, köprülerin temel işlevine dair olarak *“insanların ve araçların karşıdan karşıya geçmesine yardımcı olur”* yanıtını verirken, K2 kodlu çocuk *“Hayvanlar için de işe yarıyor”* ifadesiyle köprülerin farklı kullanıcı gruplarına hizmet edebileceğini vurgulamıştır. Bu tür katkılar, çocukların

yalnızca fiziksel nesneler üzerine değil, aynı zamanda işlevsel ve toplumsal boyutlar üzerine de düşünmeye başladıklarını göstermektedir.

“Köprüler nasıl yapılır?” sorusuna çocuklar; “beton dökülerek”, “tamir aletleriyle”, “tahtaları birleştirerek” gibi somut ve gözleme dayalı yanıtlar vererek, köprü inşa sürecine dair ön bilgilerini ifade etmişlerdir. Bu yanıtlar, çocukların çevrelerinden edindikleri bilgi ve deneyimleri yapılandırmaya başladıklarını göstermektedir.

“Köprülerin neden bazıları düz, bazıları kavisli olur?” sorusu üzerine çocuklar; “yapımları farklı olduğu için”, “köprülerin birleşmesini sağladığı için”, “hayvanların, arabaların, insanların ve trenlerin köprüsü farklı olduğu için farklı köprüler yapıyorlar” gibi açıklamalar sunarak işlevsel çeşitliliğe dikkat çekmişlerdir. Ayrıca bazı çocuklar, yol yapısının ve mesafelerin köprü tasarımına etkisini şu şekilde dile getirmiştir: “Onların böyle karşıdan karşıya geçmesi için. Yol kısacık. Kısa yapmışlar. Yol başka türlü olduğu için de uzun olabilir.” Bu tür ifadeler, çocukların mekânsal ilişkiler ve mühendislik çözümleri arasındaki bağlantıyı sezgisel olarak kurabildiklerini ortaya koymaktadır. “Köprüler hangi tür yerleri birbirine bağlar?” sorusu karşısında çocuklar; “Dağlar”, “Adaları birbirine bağlar” gibi doğal coğrafi oluşumlara gönderme yaparken, bazı çocuklar daha yaratıcı bir yaklaşımla “Köprünün ortasında iki tane evleri ipler ayağa bağlanırsa birleştirir.” gibi özgün fikirler sunmuşlardır.

Son olarak çocuklarla inşaat mühendisliği mesleğine ilişkin bir tartışma yürütülmüş ve “Bir inşaat mühendisi ne yapar sizce?” sorusu yöneltilmiştir. Bu tartışma sonucunda çocukların meslek rolleri hakkında sahip oldukları temel bilgi düzeyini, çevresel gözlemlerle geliştirdikleri anlam yapılarını ve teknik mesleklere ilişkin erken farkındalıklarını ifade ettikleri görülmüştür. Çocuklar, inşaat mühendislerinin yapıları inşa eden ve kontrol eden kişiler olduğunu belirterek,

köprüyü onaran, inşaat araçlarını kullanan, yapıların sağlamlığını denetleyen, evlerin istenildiği gibi yapılıp yapılmadığını kontrol eden ve kuleler gibi büyük yapılar tasarlayan bireyler olduğunu ifade etmişlerdir. Özellikle “Yaptığımız şeyleri kontrol etmeye başlar, inşaat araçlarını her şeyi”, “Evleri düzgün istediğimiz gibi yapabilmişler mi diye bakar” ve “Aletleri ile böyle iyi mi kötü mü bir şey var mı kontrol eder” gibi açıklamalar, çocukların mühendislik mesleğine yönelik işlevsel bir anlayış geliştirmekte olduklarını göstermektedir.

Bu açıklamalar, çocukların mühendislik mesleğini kontrol etme, yapı inşa etme ve güvenlik sağlama gibi temel işlevlerle ilişkilendirdiklerini göstermektedir.

Hayal Et Aşaması

Mühendislik ve girişimcilik tasarım sürecinin bu aşamasında çocuklar dört küçük gruba ayrılmış ve her grup kendi kimliğini yansıtan bir isim belirlemiştir. Sırasıyla Masal Grubu, Gülen Yüzler Grubu, Sihirli Grup ve Müzikli Grup olarak adlandırılan gruplar, önceden belirlenmiş problem durumu doğrultusunda özgün köprü tasarımları hayal etmişlerdir. Her gruba “Ne tür bir köprü tasarlayacaksınız?” ve “Köprünün en fazla yük taşıyabilmesi için nasıl bir köprü tasarlamalıyız?” soruları yöneltilerek tasarım sürecine yönelik düşünceleri teşvik edilmiştir.

Çocuklar, verilen farklı yapı malzemelerini dikkatle inceleyerek bu malzemeleri nasıl ve ne amaçla kullanacaklarını birlikte tartışmışlardır. Her grup, tasarım tercihi açısından özgün bir yaklaşım geliştirmiştir (Görsel 2-7). Masal Grubu düz bir köprü, Gülen Yüzler Grubu yüksek ve oval biçimli bir köprü, Sihirli Grup uzun bir köprü, Müzikli Grup ise iki yapı arasında kurulacak bir “evden eve” köprü tasarımı planladıklarını ifade etmiştir. Köprünün şekline dair yapılan tartışmalarda; birinci ve dördüncü gruplar yüksek köprü tercih ederken, ikinci grup

daha alçak bir köprü, üçüncü grup ise çiçek temalı estetik bir köprü tasarlamayı planladıklarını belirtmiştir.

Köprünün taşıma kapasitesine dair yürütülen tartışmalarda, tüm gruplar köprünün uzunluğunun yük taşıma kapasitesine etki edeceğini düşünmüş; uzun köprülerin daha fazla yük taşıyabileceğini ifade etmişlerdir. Aynı zamanda, köprü tasarımında kullanılacak kartonun katlama biçiminin köprünün dayanıklılığını etkileyip etkilemeyeceğine yönelik soruya tüm gruplar “*etkiler*” yanıtını vermiştir. Kartonun yapısal dayanıklılığını artırmak için önerilen katlama yöntemleri grup içinde çeşitlilik göstermiştir. Örneğin, Müzikli Grup kartonu “*kare ve çarpı şeklinde*” katlayacaklarını ifade ederken, Sihirli Grup kenarları katlayarak boyama yapacaklarını belirtmiştir. Gülen Yüzler Grubu, tasarıma uygun biçimde katlama planı geliştirirken; Masal Grubu ise kartonu ikiye katlayarak yapıştırmayı ve bu şekilde kullanmayı tercih etmiştir.

Bu aşama, çocukların hem yaratıcı düşünme hem de iş birliği içinde problem çözme becerilerini kullanarak tasarım odaklı düşüncelerini teşvik etmiş, aynı zamanda mühendislik ilkeleriyle sezgisel düzeyde ilişki kurmalarına zemin hazırlamıştır.



Görsel 2-7. Hayal et aşaması

Planla Aşaması

Tasarım sürecinin bu aşamasında, çocukların önceki aşamada geliştirdikleri fikirleri somutlaştırarak yapılandırmaları ve uygulamaya geçmeden önce planlamaları hedeflenmiştir. Her bir grup, tasarladıkları köprülerin şekli, yapım aşamaları, görev dağılımı ve kullanılacak malzemeler hakkında birlikte düşünmüş; böylece mühendislik süreçlerinde önemli bir yer tutan planlama ve iş birliği becerileri desteklenmiştir.

Bu kapsamda, çocuklara köprü tasarımlarının ön ve son tasarım eskizlerini çizmeleri için “*Öğrenci Tasarımı Çalışma Kağıdı*” dağıtılmıştır (Görsel 2-8). Bu çizimler aracılığıyla çocukların ilk fikirleri ile geliştirilmiş fikirleri arasında farklar gözlemlenebilmiş; öğrenme sürecindeki dönüşüm görünür hale gelmiştir. Her çocuk, hem kendi katkısını hem de grup sürecindeki görev paylaşımını düşünmüş ve çizim yoluyla ifade etmiştir.

Bu süreçte çocukların köprü tasarımları, mühendislik tasarım döngüsünün tekrar eden ve iyileştirmeye açık doğasını somut biçimde yansıtmıştır. İlk olarak öğrenciler, “İlk Köprü Tasarımım” başlığı altında köprüye dair ilk fikirlerini çizerek planlarını ortaya koymuş; ardından bu tasarımları malzemelerle hayata geçirmiş ve çeşitli testler yoluyla işlevselliğini gözlemlemişlerdir. Test süreci sonucunda, köprünün taşıma kapasitesi, denge durumu ve dayanıklılığına ilişkin gözlemler doğrultusunda çocuklar tasarımlarını yeniden değerlendirmiştir. Bu değerlendirme, “Geliştirdiğim Köprü Tasarımı” başlığı altında ikinci bir çizimle ifade edilmiştir.

Bazı grupların geliştirme sürecinde, köprünün daha fazla yük taşıyabilmesi için yapısal değişiklikler yaptığı gözlemlenmiştir. Örneğin, köprünün ayak sayısını artırarak dengeyi sağlamlaştırmaya çalışan çocuklar olmuş; bazıları ise köprünün

yerden yüksekliğini yeniden kurgulayarak dayanıklılığı artırmayı hedeflemiştir. Ayrıca bazı çocuklar, taşıyıcı sistemleri güçlendirmek için farklı şekiller ya da destekleyici elemanlar eklemeyi planlamışlardır. Bu çabalar, çocukların mühendislik düşüncesini somut biçimde yapılandırmaya başladığını ve probleme çözüm geliştirme yolunda deneysel düşünebildiklerini göstermektedir.

Diğer yandan, bazı çocuklar ise tasarımlarında estetik detaylara daha fazla odaklanmış, köprülerini renkli süslemelerle ve dekoratif öğelerle zenginleştirmiştir. Bu durum, mühendislik sürecinin yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda estetik yönüyle de çocukların ilgisini çektiğini ortaya koymaktadır.



Görsel 2-8. Köprü eskiz çocuk çizimleri

Genel olarak değerlendirildiğinde, çocukların ortaya koyduğu köprü tasarımları hem teknik çözüm üretmeye hem de hayal gücüne dayalı özgün ürünler geliştirmeye olanak sağlamış; bu süreçte problem çözme, planlama, gözlem yapma, karar verme ve yeniden düzenleme gibi üst düzey düşünme becerileri desteklenmiştir. Bu çıktılar, mühendislik tasarım sürecinin çocukların gelişim düzeyine uygun biçimde yapılandırıldığını ve öğrenme sürecine entegre edildiğini göstermektedir.

Üret ve Test Et Aşaması

Bu aşamada çocuklar, önceki süreçte planladıkları köprü tasarımlarını çeşitli malzemeler kullanarak hayata geçirmiştir. Her grup, kendi tasarımı doğrultusunda köprülerin fiziksel yapısını oluşturmuş, bu süreçte tasarımın işlevsel ve yapısal özelliklerini deneyimleme fırsatı bulmuştur. Uygulama sırasında çocuklara, köprülerinin sahip olduğu özellikleri betimlemeleri istenmiş; bu sayede mühendislik düşüncesinin temellerini kavramsallaştırmaları amaçlanmıştır.

Gruplar, köprü tasarımlarını nasıl inşa ettiklerini farklı şekillerde ifade etmişlerdir. Örneğin Müzik grubu, köprülerinin dört ayağının olduğunu ve üst kısmının kare şeklinde görüldüğünü vurgulamıştır. Gülen Yüzler grubu ise köprünün ayaklarını birleştirip üst kısmı katladıklarını belirtmiştir. “Köprünüzün fiziksel özellikleri nelerdir?” sorusu aracılığıyla, çocukların gözleme dayalı yorumları alınmıştır.

Üretim sürecinde karşılaşılan güçlükler sorulduğunda ise grupların çoğu önemli bir zorluk yaşamadıklarını ifade etmiştir. Bu durum, çocukların hem planlama hem de uygulama sürecine aktif biçimde katıldıklarını ve işbirliği içinde çalışabildiklerini göstermektedir (Görsel 2-9).



Görsel 2-9. Köprü test etme süreci

Köprülerin yük taşıma kapasitesini belirlemeye yönelik ölçüm süreci, çocukların tahminleri ve önerileri doğrultusunda yapılandırılmıştır. Müzik grubu köprü dayanıklılığını kalem, yapıştırıcı ve taşla test edebileceklerini belirtirken; Gülen Yüzler grubu Lego parçalarıyla ölçüm yapabileceklerini ifade etmiştir. Ardından öğretmen rehberliğinde, oyuncak bir kamyonun içerisine bilyeler yerleştirilerek köprülerin taşıyabileceği maksimum yük belirlenmiştir. Her bilye, artan yükü temsil edecek şekilde sırayla köprülerin üzerine uygulanmış; böylece köprülerin taşıyabildiği yük miktarı somut olarak test edilmiştir (Görsel 2-10).



Görsel 2-10. Köprü test sonucu grafikleri

Son olarak, köprü yapım sürecinde hata olabilecek faktörlere dair değerlendirmeler yapılmıştır. Sihirli grup, köprüdeki burkulmalara dikkat çekerken; Masal grubu ayakların yetersiz güce sahip olmasının problemi oluşturduğunu belirtmiştir. Müzik grubu ise ayak sayısının azlığının köprünün zayıf kalmasına neden olduğunu ifade etmiştir. Buna karşın Gülen Yüzler grubu köprülerinde herhangi bir hata olmadığını düşündüklerini belirtmiştir.

Bu aşama, çocukların deneme-yanılma yoluyla öğrenmelerini, gözleme dayalı değerlendirme yapmalarını ve mühendislik tasarım döngüsünün “geliştirme” basamağını somut biçimde deneyimlemelerini desteklemiştir.

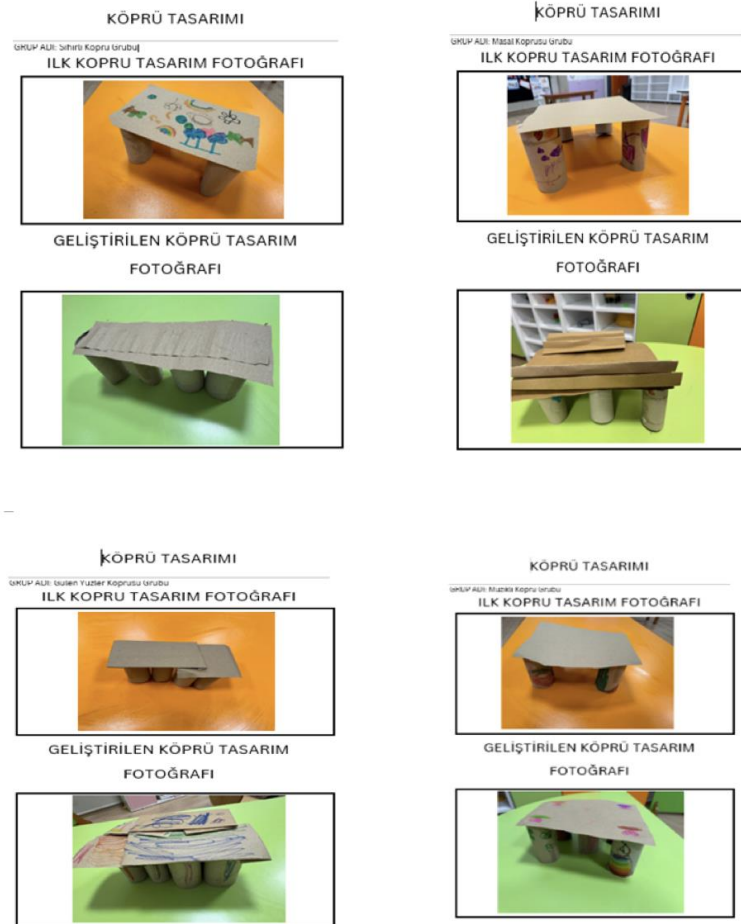
Geliştir Aşaması

Bu aşamada çocuklardan, inşa ettikleri köprülerin mevcut durumlarını değerlendirerek dayanıklılık ve işlevsellik açısından nasıl geliştirilebileceğine yönelik çözüm önerileri sunmaları istenmiştir. Mühendislik Tasarım Süreci’nin döngüsel yapısı doğrultusunda, her grup köprü tasarımlarını gözden geçirerek yeniden yapılandırmaya yönelik kararlar almıştır. Uygulama sürecine rehberlik eden “Köprünüzün en fazla yük taşıyabilmesi için hangi özellikleri değiştirmeye ihtiyaç var?” sorusu aracılığıyla çocukların tasarım odaklı düşünme becerileri desteklenmiştir.

Her grup, köprüsünün zayıf yönlerini belirleyerek yapısal iyileştirmelere odaklanmıştır. Sihirli grup, mevcut köprüde yer alan ruloları sökerek köprüyü daha düz bir forma getireceklerini belirtmiş; bu değişikliklerle köprünün dengesini artırmayı hedeflemiştir. Masal grubu ise köprünün üst kısmında yer alan kartonları katlayarak sağlamlığı artırmak istediklerini ifade etmiştir. Gülen Yüzler grubu, köprünün ayaklarını değiştirerek üst yapıya eklemeler yapmayı ve köprünün ayaklarına dört adet bacak ilave ederek daha dengeli bir yapı oluşturmayı

planladıklarını dile getirmiştir. Müzik grubu ise, kâğıt ruloları köprünün orta kısmına yapıştırarak taşıyıcı sistemin güçlenmesini sağlayacaklarını belirtmiştir.

Bu süreçte her çocuk grubu, tasarımlarında hangi değişikliklerin köprünün yük taşıma kapasitesini artıracığına dair fikir yürütmüş, elde ettikleri deneyimlere dayalı olarak çözüm odaklı tasarım önerileri geliştirmiştir (Görsel 2-11). Çocukların bu değerlendirme ve geliştirme süreci, mühendislik tasarımının temel ilkelerinden olan “yenileme ve iyileştirme” basamağını kendi yaşantılarına entegre ettiklerini ve yaratıcı düşünme ile teknik akıl yürütmeyi bir araya getirebildiklerini göstermektedir.



Görsel 2-11. Grupların ilk köprü ve geliştirilen köprü tasarımları

Pazarlama / Girişimci Ol Aşaması

Bu aşamada çocukların girişimcilik becerilerini geliştirmeleri amacıyla yaratıcı bir dizi etkinlik gerçekleştirilmiştir. Gruplardan öncelikle köprü tasarımlarına özgün bir kimlik kazandırmaları istenmiş; her grup, tasarımlarını temsil edecek özgün bir isim belirlemiştir. Çocuklar bu süreçte, ürünlerinin işlevsel ve duygusal anlamlarını da dikkate alarak isimlendirme yapmışlardır. Gruplar sırasıyla “Gülen Yüzler Köprüsü”, “Sihirli Köprü”, “Müzikli Köprü” ve “Masal Köprüsü” adlarını tercih etmişlerdir.

Belirlenen grup isimlerinin ardından, her grubun köprü tasarımını temsil edecek bir logo oluşturması istenmiş ve çocuklar kendi logolarını resimlemişlerdir. Örneğin; “Gülen Yüzler Köprüsü” grubu gülen yüz simgesi, “Sihirli Köprü” grubu sihirli ışıklar, “Müzikli Köprü” grubu müzik notaları ve “Masal Köprüsü” grubu ise gökkuşağı simgesini kullanmıştır. Bu görseller çocukların soyut kavramları somutlaştırma ve tasarımlarına kimlik kazandırma sürecinde yaratıcı düşünme becerilerini yansıtmıştır.

Logo çalışmalarının ardından, gruplardan ürünlerine yönelik özgün birer slogan geliştirmeleri istenmiştir. Bu süreçte çocuklar, köprülerinin amacını, duygusal etkisini ve hedef kullanıcıyı dikkate alarak şu ifadeleri üretmişlerdir:

Gülen Yüzler Köprüsü: “Üstünden geçenlerin gülen yüzlü olmasını istiyoruz. Mutsuz olanların buradan geçmesini isteyip gülmesini istiyoruz.”

Müzikli Köprü: “Köprümüzde müzik çalıyor.”

Masal Köprüsü: “Bu köprüye gelenler masal dinliyor.”

Sihirli Köprü: “Geceleri ışıklarla parlayan köprü.”

Son olarak, çocuk gruplarından köprülerini tanıtmak amacıyla reklam afişleri hazırlamaları istenmiştir. Afişlerde her grup, tasarımını temsil eden logo,

görsel betimlemeler ve dikkat çekici öğeleri kullanarak bir tanıtım materyali oluşturmuştur. Bu süreç, çocukların ürün tasarımı ile pazarlama arasındaki ilişkiyi deneyimlemelerini ve kendi ürünlerini hedef kitleye nasıl sunabileceklerine dair fikir yürütmelerini sağlamıştır. Görsel anlatım, dilsel ifade ve tasarımın bütüncül bir şekilde birleştiği bu etkinlik, çocukların hem estetik hem de işlevsel bir sunum gerçekleştirmelerine olanak tanımıştır (Görsel 2-12).



Görsel 2-12. Grupların afiş, logo, sloganları ile ürün tanıtımları

4. Aşama: Tasarımları Değerlendirme

Bu aşamada, çocukların kendi köprü tasarımlarına dönüp bakmaları, neler yaptıklarını anlatmaları, diğer grupların köprülerini inceleyerek benzerlik ve farkları fark etmeleri amaçlanmıştır. Çocukların ürünlerini değerlendirebilmeleri için yapılandırılmış çalışma sayfaları, gözlem çizelgeleri ve rehberlik edici sorular kullanılmıştır. Bu süreçte çocuklardan, hem kendi yaptıkları köprülere hem de

arkadaşlarının yaptığı köprülere dair gözlemlerini ve düşüncelerini paylaşmaları istenmiştir.

Değerlendirme çalışmaları sırasında çocuklar, köprülerinin hangi bölümlerini nasıl yaptıklarını hatırlayarak süreci aşamalı şekilde anlatmışlardır. Bazı çocuklar köprünün ayaklarını ve yanlarını önce yaptıklarını, ardından üst kısmı yerleştirdiklerini ifade etmiştir. Diğer çocuklar ise köprünün dayanıklı olması için kâğıdı katladıklarını, ayakları birbirine yaklaştırdıklarını ve üst kısmı daha sağlam hale getirmeye çalıştıklarını belirtmiştir. Tüm gruplar birlikte çalışmanın kolaylaştırıcı etkisinden söz etmiş, arkadaşlarıyla iş birliği yapmanın kendilerini desteklediğini ifade etmiştir.

Bazı çocuklar diğer köprüleri dikkatle inceledikten sonra kendi tasarımlarını nasıl geliştirebileceklerini düşünmüşlerdir. Örneğin, bazı çocuklar köprü ayaklarını daha sağlam hâle getirmek için *“taştan yapsak daha güçlü olurdu”* ya da *“kalın karton kullansak daha iyi olurdu”* gibi fikirler öne sürmüştür. Bu yorumlar, çocukların hem gözlem yoluyla yeni bilgiler edindiklerini hem de bu bilgileri kendi ürünlerine uygulama eğiliminde olduklarını göstermektedir.

Ayrıca çocuklar, grup içinde nasıl çalıştıklarını da paylaşmıştır. Bazı gruplar plan yaparak çalıştıklarını, görevleri paylaştıklarını ve birbirlerine yardım ettiklerini belirtmiştir. Bazı çocuklar arkadaşlarının köprülerini çok beğendiğini söylemiş, örneğin *“Onların köprüsü dört ayaklı ve katlamışlar, çok güzel olmuş”* gibi olumlu ifadelerle birbirlerinin çalışmalarına geri bildirim vermiştir.

Genel olarak, bu değerlendirme aşamasında çocuklar hem kendi ürünleri üzerine düşünme hem de başkalarının çalışmalarını fark etme fırsatı bulmuşlardır. Bu süreç, okul öncesi dönemde çocukların mühendislik tasarım sürecinin "değerlendir" ve "yeniden tasarla" basamaklarını yaşantı yoluyla

öğrenebileceklerini göstermektedir. Ayrıca, çocukların düşüncelerini paylaşma, başkasını dinleme, gözlem yapma ve yapıcı geri bildirimde bulunma gibi erken dönem bilimsel süreç becerilerinin desteklendiği görülmüştür.

Bulgular

Bu çalışma, okul öncesi düzeyde gerçekleştirilen yapılandırılmış bir STEM etkinliğinin dört aşamalı uygulama süreci çerçevesinde, çocukların bilimsel düşünme, mühendislik tasarımı, iletişim ve girişimcilik becerilerini nasıl geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Bulgular, çocuk ifadeleri, öğretmen gözlemleri ve uygulama sürecine ait dokümanlar üzerinden tematik olarak sunulmuştur.

Aşama 1: “Ebeveynimle Köprüleri Keşfediyorum” – Ebeveynle Keşif ve Kavramsal Farkındalık

Bu aşama, çocukların ev ortamında ebeveynleriyle birlikte köprüler hakkında bilgi edinmeleri ve gözlemler yapmaları amacıyla yapılandırılmıştır. Etkinlik öncesinde ebeveynlere yönlendirici bir bilgilendirme mektubu ve açık uçlu sorular içeren “ebeveyn çalışma sayfası” iletilmiştir. Bu sayede çocukların öğrenme sürecine aile desteği entegre edilmiş, öğrenme süreci sınıf dışında da devam ettirilmiştir. Süreç boyunca çocukların çevre farkındalıklarının arttığı, parça-bütün ilişkisi kurma becerilerinin geliştiği ve bilimsel meraklarının derinleştiği gözlemlenmiştir.

Bilimsel Merak ve Sorgulama: Çocuklar, köprülerin işlevi, çeşitliliği ve çevresel bağlamı üzerine sorular üretmiş, gözlemledikleri yapıları açıklamaya çalışmıştır. Aileleriyle yürüttükleri bu süreçte çocuklar, çevrelerindeki yapılar hakkında daha önce düşünmedikleri ayrıntılara dikkat etmişlerdir.

E4: “Köprüler olmasaydı okula gitmek zor olurdu, yürüyemezdik.”

K5: “Babamla pazar yerine giderken köprünün altından geçtik. Çok uzun ve üstünde araba vardı.”

E1: “Köprünün altı boş, o yüzden insanlar geçebiliyor.”

K2: “Benim en sevdiğim köprü çok yüksekteydi, altından tren geçiyordu.”

Bu ifadeler, çocukların köprüleri sadece fiziksel yapılar olarak değil, aynı zamanda işlevsel ve toplumsal bağlamlarıyla ilişkilendirmeye başladıklarını göstermektedir.

Gözlem ve Kavramsal Farkındalık: Gözlem formları ve ebeveynlerle yürütülen keşif etkinlikleri sırasında çocukların yapısal farkları tanımlama ve benzerlikleri ayırt etme becerilerinde gelişim gözlenmiştir.

E6: “Bazı köprüler düz, bazıları yukarıya doğru eğiliyor.”

K3: “İnce köprü sallanırmış, kalın olunca daha dayanıklı olurmuş.”

Bu tür ifadeler çocukların mühendislik yapılarının temel prensiplerini sezgisel düzeyde fark ettiklerini göstermektedir.

Parça-Bütün İlişkisi Kurma: Ebeveyn çalışma kâğıtlarında yer alan parça-bütün etkinliği, çocukların köprü yapılarının bileşenlerini ayırt etmelerini ve bunları bütünüle ilişkilendirmelerini kolaylaştırmıştır.

E5: “Köprünün ayağı olmazsa yıkılır.”

K4: “Demirler köprüyü tutuyor, yoksa araba geçemez.”

Bu tür kavramsal yapılandırmalar, çocukların yapıların işlevsel öğeleri arasındaki ilişkiyi fark ettiklerini ortaya koymaktadır.

Ebeveyniyle Öğrenme Etkileşimi ve Ortak Anlam İnşası: Öğretmen günlükleri, birçok çocuğun aileleriyle birlikte gözlem yaparken yüksek motivasyon

gösterdiğini, öğrenme süreçlerinde empatik ve işbirlikçi bir tutum geliştirdiğini ortaya koymaktadır.

Öğretmen gözlemi: “Bazı çocuklar aileleriyle yaptıkları gözlemleri gururla aktardı. Özellikle babalarıyla köprü gezisi yapan çocuklar, gözlemlerini hikâyeleştirerek sundu.”

Bu ilk aşama, çocukların ev ortamında gerçekleştirdikleri gözlem ve araştırma süreciyle yalnızca bilimsel farkındalıklarını değil, aynı zamanda aile bireyleriyle kurdukları öğrenme temelli etkileşimlerini de derinleştirmiştir. Çocukların ebeveynleriyle birlikte köprüler üzerine düşünmeleri, çevrelerini incelemeleri ve sorulara cevap aramaları, erken yaşta problem çözme davranışlarının desteklenmesine olanak tanımıştır. Aynı zamanda çocukların mühendislik yapılarına yönelik ilk kavrayışlarının geliştiği; işlev, biçim ve malzeme ilişkisine dair gözlemler yoluyla yapıların nasıl çalıştığına dair çıkarımlar yaptıkları görülmüştür.

Bu süreçte, çocukların öğrenme sürecine duygusal bir bağ geliştirdikleri, öğrenmeyi keyifli ve anlamlı bir deneyim olarak yaşadıkları gözlemlenmiştir. Çocukların paylaşımlarında yer alan özgün ifadeler, öğrenme sürecine gönüllü katılımlarının ve içsel motivasyonlarının yüksek olduğunu göstermektedir. Özellikle “Babam bana gösterdi”, “Annemle birlikte internetten baktık”, “Dedem bana eski bir köprüyü anlattı” gibi ifadeler, öğrenmenin aile içi sosyal bağlarla nasıl örüldüğünü ortaya koymaktadır.

Okul öncesi dönemde öğrenmenin sosyal bir bağlamda gerçekleştiği düşünüldüğünde, aile destekli bu tür yapılandırılmış keşif etkinliklerinin, çocukların bilimsel düşünceye yönelik ilk adımlarını güçlendirdiği söylenebilir. Aile ile birlikte yürütülen araştırma süreçleri, çocukların çevresine eleştirel ve

sorgulayıcı bir bakış geliştirmesini sağlamakta; aynı zamanda çocuğun aktif gözlemci, araştırmacı ve anlam kurucu bir role geçişini kolaylaştırmaktadır.

Literatürde sıklıkla vurgulandığı gibi, öğrenme sosyal bir süreçtir ve çocuklar çevrelerindeki bireylerle kurdukları etkileşimler aracılığıyla bilgiyi yapılandırır (Vygotsky, 1978). Bu bağlamda değerlendirildiğinde, ebeveyn-çocuk iş birliğine dayalı bu keşif süreci, sadece içerik bilgisi kazandırmakla kalmayıp, çocuğun bilimsel düşünceye dair öz yeterlik algısını da desteklemektedir.

Cunningham (2009), çocukların doğuştan gelen “tasarımcı eğilimler” taşıdığını ve bu eğilimlerin, uygun çevresel koşullar altında çok daha güçlü biçimde ortaya çıkabildiğini vurgular. Bu araştırmanın birinci aşamasında gözlenen yüksek çocuk katılımı, özgün ifadeler ve gözlem odaklı düşünceler, bu yaklaşımı destekler niteliktedir. Çocukların farklı köprü türlerine dair yorum yapmaları, malzeme türlerini fark etmeleri ve işlevsel çıkarımlarda bulunmaları, mühendislik temelli düşüncenin okul öncesi düzeyde de geliştirilebilir olduğuna işaret etmektedir.

Aşama 2: Keşfettiklerimi Paylaşıyorum- Sözel İfade, Sunum Becerisi ve Akran Etkileşimi

Bu aşamada çocuklar, aileleriyle yaptıkları araştırmaları sınıf ortamında sunarak kendini ifade etme, dinleme ve sunum becerilerini geliştirmiştir. Her çocuk, arkadaşlarının önünde konuşma fırsatı bulmuş; öğretmenin yönelttiği yansıtıcı sorular sayesinde öğrenme süreçleri üzerine düşünmüş ve öğrendiklerini daha derinlemesine kavramıştır. Sunumlar sırasında akranlardan gelen geri bildirimler çocukların özgüvenini artırmış, sosyal öğrenme sürecini güçlendirmiştir.

Sözel ifade ve sunum becerisi: Çocuklar kendi ifadeleriyle bilgi aktarmış, kavramları açıklamış, örnek vermiştir.

K8: "Sunum yaparken heyecanlandım ama çok mutluydum."

K3: "Köprü'nün nasıl yapıldığını anlattım, herkes dinledi."

Bilimsel iletişim ve öğrenmeyi paylaşma: Çocuklar öğrendikleri bilgileri akranlarıyla paylaşmış, birlikte tartışma fırsatı bulmuştur.

E6: "Farklı türde köprüler olduğunu ilk kez duydum."

E9: "Arkadaşımın yaptığı köprüyü çok beğendim, onun gibi yapmak isterim."

Akran etkileşimi ve geri bildirim: Çocuklar birbirlerinin sunumlarını dinlemiş, beğendikleri yönleri ifade ederek olumlu sosyal etkileşim kurmuştur.

Öğretmen gözlemi: "Bazı çocuklar arkadaşlarını alkışlayarak destekledi, bu da motivasyonu artırdı."

Bu aşama, çocukların kendi öğrenmelerini anlamlandırmalarına ve başkalarıyla paylaşarak derinleştirmelerine olanak tanımıştır. Sunum yapma süreci, çocuklarda hem özgüven hem de iletişim becerilerini geliştirirken; akranlardan gelen geri bildirimlerle işbirliği ve sosyal bağlılık da güçlenmiştir. Bu bulgular, okul öncesinde erken dönem bilimsel iletişim becerilerinin yapılandırılabilirliğini göstermektedir.

Aşama 3: "En Fazla Yük Taşıyan Köprümü Tasarlıyorum" – Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Süreci

Bu aşamada çocuklar, "Sor, Hayal Et, Planla, Üret, Test Et, Geliştir, Pazarlama" adımlarından oluşan mühendislik ve girişimcilik tasarım modeline göre kendi köprülerini inşa etmiştir. Süreç, çocukların problem çözme, yaratıcılık,

iş birliği ve karar verme becerilerini ortaya koydukları çok aşamalı bir öğrenme deneyimi sunmuştur.

Problem çözme ve yaratıcı düşünme: Çocuklar köprünün taşıyacağı yükü dikkate alarak tasarım kararları almış, malzeme seçimi ve denge kurma üzerine çözüm önerileri geliştirmiştir.

K6: “Köprüm yıkılmasın diye altına daha çok çubuk koydum.”

E7: “Yandan ip bağladım çünkü sallanmasın istedim.”

İş birliği ve karar alma: Grup çalışmaları sırasında çocuklar fikirlerini tartışmış, birlikte plan yapmış ve görev paylaşımıyla üretim sürecini yürütmüştür.

Öğretmen gözlemi: “K2 ile E3 hangi malzemeyi kullanacaklarına karar verirken anlaşmak için deneme yaptı.”

Test etme ve yeniden tasarlama: Köprüler yük testine tabi tutulmuş, yıkılan ya da esneyen köprüler tekrar geliştirilmiştir. Bu süreç, çocuklarda “deneme-yanılma” ve “geliştirme” becerilerini pekiştirmiştir.

K1: “Köprüm kırıldı, sonra pipetle yeniden yaptım, daha sağlam oldu.”

E2: “Testte yıkıldı ama sonra bant ekleyince durdu.”

Pazarlama ve sunum becerisi: Çocuklar tasarımlarını arkadaşlarına sunmuş, köprülerinin güçlü yönlerini tanıtmış ve “müşterilere” neden kendi köprülerinin seçilmesi gerektiğini anlatmıştır.

K7: “Benim köprüm 5 tane taş taşıdı, çünkü güçlü yaptım.”

E5: “Bizimki en yüksekti, hem hafif hem sağlam.”

Bu aşamada elde edilen bulgular, okul öncesi çocukların mühendislik ve girişimcilik tasarım sürecine aktif, anlamlı ve yaratıcı biçimde katılabildiklerini göstermektedir. Çocuklar, yalnızca fiziksel bir ürün ortaya koymakla kalmamış;

aynı zamanda mühendislik tasarım döngüsünün temel bileşenlerini sezgisel düzeyde deneyimlemişlerdir. Özellikle “sorun belirleme, çözüm üretme, test etme ve iyileştirme” gibi süreçlere yönelik ifadeler, çocukların bilişsel düzeyde gelişen problem çözme becerilerini ve yaratıcı düşünme eğilimlerini açıkça ortaya koymaktadır.

Grup çalışmaları ve karar alma süreçleri ise, çocukların iş birliği, uzlaşma ve ortak sorumluluk gibi sosyal-duygusal becerilerini desteklemiş; bu durum öğretmen gözlemlerinde ve çocukların ifadelerinde de somut şekilde yansımıştır. Bu bağlamda, mühendislik ve girişimcilik tasarım süreci yalnızca teknik becerileri değil, aynı zamanda erken yaş sosyal öğrenmesini de güçlendiren bir ortam sunmuştur.

Özellikle test etme ve yeniden tasarlama gibi yinelemeli adımların uygulanması, okul öncesi düzeyde sıklıkla ihmal edilen “hata yapma ve yeniden deneme” kültürünün kazandırılmasına katkı sunmaktadır. Çocukların ürünlerini tanıtmaya ve savunma sürecinde kullandıkları dil, girişimcilik bilincinin ve özgüvenin yapılandırılmakta olduğunu göstermektedir.

Bu aşamaya dair bulgular, erken çocukluk döneminde yapılandırılmış STEM etkinliklerinin yalnızca bilişsel değil; sosyal, duyuşsal ve iletişimsel beceriler üzerinde de çok yönlü etkiler yarattığını göstermektedir. Bu nedenle, söz konusu modelin uygulanabilirliği sadece etkinliğin içeriğiyle değil, bu içeriğin pedagojik olarak nasıl yapılandırıldığı ve nasıl rehberlik edildiğiyle doğrudan ilişkilidir.

Aşama 4: “Değerlendiriyorum” – Yansıtıcı Düşünme ve Öğrenmeyi Fark Etme

Bu aşama, çocukların kendi öğrenme süreçlerini değerlendirmelerine, akranlarının ürünleri hakkında düşünmelerine ve yapılandıkları bilgiye geri

dönerek yansıtma yapmalarına olanak sağlamıştır. Etkinliğin sonunda çocuklara yöneltilen yansıtıcı sorular ve değerlendirme çalışma kağıtları aracılığıyla, sürece ilişkin farkındalıkları artmış, duyuşsal ve bilişsel kazanımlar belirginleşmiştir.

Öğrenmeye Yönelik Farkındalık ve Öz Değerlendirme: Çocuklar ne öğrendiklerini, hangi aşamadan en çok keyif aldıklarını ve zorlandıkları yerleri ifade etmiştir.

K5: “Köprü yaparken biraz zorlandım ama taşıyınca çok sevindim.”

E1: “Köprülerin altı boş olmalıymış, onu öğrendim.”

Akran Etkileşimi ve Sosyal Değerlendirme: Arkadaşlarının yaptığı köprüleri gözlemleyerek olumlu özelliklerini belirtmiş, karşılaştırmalar yapmıştır.

K3: “Arkadaşımin köprüsünde ip vardı, benimki gibi eğilmedi.”

E4: “Benim köprü büyük oldu ama onunki daha sağlamdı.”

Duygusal Katılım ve Keyifli Öğrenme: Sürece dair duygularını paylaşan çocuklar, öğrenmenin eğlenceli bir etkinlik yoluyla gerçekleştiğini dile getirmiştir.

K7: “Köprü yaparken çok eğlendim, en güzeli oydu.”

E2: “Sunum yapınca herkes beni alkışladı, mutlu oldum.”

Bu son aşama, okul öncesi dönemde yansıtıcı düşünmenin nasıl desteklenebileceğine dair somut örnekler sunmaktadır. Çocukların kendi ürünleri üzerine düşünceleri, akranlarının fikirlerine dikkat etmeleri ve öğrenme süreçlerini değerlendirmeleri, onların öz düzenleme ve metabilşsel becerilerine erken katkılar sağlamıştır. Ayrıca çocukların öğrenmeyi sadece bilgi edinme değil, aynı zamanda duygu, paylaşım ve başarıyla ilişkilendirmeleri dikkat çekicidir. Bu yönüyle değerlendirme süreci, çocuklarda hem bilişsel hem duyuşsal gelişimi destekleyen çok boyutlu bir öğrenme çıktısı oluşturmuştur.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu kitap bölümünde sunulan çalışma, okul öncesi dönemde Mühendislik ve Girişimcilik Tasarım Modeli'ne dayalı bir STEM etkinliğinin, çocukların bilimsel düşünme, mühendislik tasarımı, iletişim ve girişimcilik becerilerini nasıl geliştirebileceğine dair çok boyutlu bir çerçeve sunmaktadır. Uygulamanın en dikkat çekici yönü, “ne yapıldığından” öte “nasıl yapıldığının” öne çıktığı bir pedagojik anlayışla yürütülmüş olmasıdır. Etkinliğin dört temel aşamada tasarlanması, çocukların bilişsel, duyuşsal ve sosyal gelişim alanlarının bütüncül biçimde desteklenmesini sağlamış; öğrenmenin sosyal etkileşim, deneyim ve yansıtma yoluyla nasıl derinleşebileceğine dair çıkarımlar sunmuştur.

Etkinliğin ilk aşamasında, çocuklar aileleriyle birlikte yürüttükleri keşif çalışmalarıyla köprüleri gözlemlemiş, malzeme üzerine konuşmuş ve yapıların işlevine dair ilk mühendislik fikirlerini oluşturmuşlardır. Bu süreçte çevresel farkındalıklarının arttığı, sorular sorarak bilimsel meraklarını ifade ettikleri ve sosyo-kültürel bir bağlamda öğrenmenin desteklendiği gözlemlenmiştir. Vygotsky'nin (1978) yakınsal gelişim alanı kuramı, bu bulguları kuramsal olarak desteklemektedir.

İkinci aşamada, çocukların sınıf ortamında bireysel sunumlar yapmaları, yalnızca sözel ifade becerilerini değil, aynı zamanda özgüven, dinleme, geri bildirim verme ve alma gibi sosyal öğrenme becerilerini de geliştirmiştir. Akran geri bildirimleri ve öğretmen yönlendirmeleri, çocukların öğrenmelerini yeniden yapılandırmalarına olanak tanımış; bilimsel iletişim kültürünün erken yaşta temellenebileceğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, erken çocuklukta akran etkileşiminin öğrenmeye olan olumlu etkisini vurgulayan araştırmalarla örtüşmektedir (Kutnick & Kington, 2005).

Üçüncü aşamada gerçekleştirilen mühendislik ve girişimcilik temelli tasarım süreci, çocukların yapılandırılmış bir problem üzerinden çözüm üretmelerini, yaratıcı düşüncelerini, prototiplerini test etmelerini ve gerektiğinde yeniden tasarlama planlarını içermektedir. Bu döngüsel süreç, hem bilişsel esneklik hem de duyuşsal dayanıklılık açısından zengin kazanımlar sağlamıştır. “En fazla yük taşıyan köprüyü tasarlama” etkinliği, mühendis gibi düşünme, başarısızlıkla başa çıkma ve yeniden tasarım yapma gibi 21. yüzyıl becerilerini erken yaşta deneyimlemeyi mümkün kılmıştır. Bu süreç, girişimci düşünme becerilerinin (özgünlük, stratejik planlama, sunum, pazarlama) yapılandırılabilirliğini de ortaya koymuştur.

Son aşamada yürütülen grup içi ve gruplar arası değerlendirme süreçleri, çocukların hem kendi ürünlerine hem de başkalarının fikirlerine yönelik değerlendirme yapabilmelerine imkân tanımıştır. Bu süreçte öğrenmeye yönelik metabilşsel farkındalığın erken yaşta geliştirilebileceğine dair ipuçları gözlemlenmiştir. Çocukların “kendi köprüsünü anlatma”, “neden bu şekilde yaptığını açıklama” ve “başka bir gruptaki fikre değer verme” gibi davranışları, öz değerlendirme ve sosyal değerlendirme becerilerinin yapılandırılabilir olduğunu göstermektedir (Whitebread vd., 2009).

Bu çalışma, okul öncesi dönemde yapılandırılmış STEM uygulamalarının etkili bir şekilde yürütülmesinin, yalnızca etkinliğin içeriğine değil; bu içeriğin nasıl uygulandığına ve öğretmenin süreçte üstlendiği role doğrudan bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. STEM eğitimi, çocukların aktif katılımını, sorgulama temelli öğrenmeyi ve deneyim yoluyla anlam inşasını esas alan bir pedagojik yaklaşıma dayanmaktadır. Bu yaklaşımda öğretmenin rolü, geleneksel “bilgi aktarıcı” konumundan çıkarak “öğrenme sürecinin kolaylaştırıcısı” kimliğine evrilmiştir. Bu bağlamda öğretmen, etkinlik boyunca çocukların düşüncelerine alan açan,

sorularla yönlendiren, seçenekler sunan ve gerektiğinde geri çekilerek çocuğun bağımsız problem çözme sürecine imkan tanıyan bir rehber/mentör/yol gösterici kimliğine bürünmelidir. Öğretmen yalnızca öğretme sürecinin yöneticisi değil; öğrenme topluluğunun bir üyesi olarak çocuklarla birlikte düşünen, birlikte tasarlayan ve birlikte öğrenen bir role sahip olmalıdır. Bu anlayış, hem pedagojik etkililiği hem de çocukların öğrenmeye yönelik öz yeterliliklerini artıran temel bir yapıtaşı olarak değerlendirilmelidir.

Bu uygulama, erken çocuklukta STEM eğitime yönelik uygulamaların;

- Aile katılımıyla sosyal öğrenmeyi zenginleştirebileceğini,
- Uygulamalı ve döngüsel süreçlerle bilişsel ve duyuşsal becerileri geliştirebileceğini,
- Girişimcilik ve mühendislik tasarım odaklı etkinliklerin erken yaşta yapılandırılabilirliğini,
- Değerlendirmenin süreç temelli, çocuk merkezli ve yansıtıcı olması gerektiğini göstermektedir.

Bu kitap bölümü, yapılandırılmış STEM uygulamalarının ne olduğundan ziyade, daha çok nasıl uygulandığının önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, etkinlik yalnızca bir uygulama örneği değil; aynı zamanda öğretmenler ve araştırmacılar için uygulanabilir, transfer edilebilir ve esnek bir rehber materyal niteliğindedir.

Sonuç olarak, erken çocuklukta STEM eğitiminin anlamlı ve sürdürülebilir bir öğrenme deneyimine dönüşmesi, neyin yapıldığından çok, nasıl yapıldığı ile şekillenmektedir. Bu bağlamda öğretmen yalnızca etkinliğin yürütücüsü değil; aynı zamanda planlayıcısı, tasarımcısı, uygulayıcısı ve geliştiricisidir. Ancak STEM adını taşıyan her etkinlik pedagojik açıdan nitelikli değildir. Asıl mesele, bu etkinliklerin

STEM pedagojisine uygun olarak yapılandırılıp yapılandırılmadığıdır. STEM uygulamalarının etkililiği, öğretmenin bu çok yönlü pedagojik rolü bilinçle üstlenmesine bağlıdır. Bu nedenle, öğretmen eğitimi süreci kritik bir önem taşımakta; STEM yaklaşımı ise yalnızca disiplinlerin entegrasyonu değil, bu disiplinlerin pedagojik bir bütünlükle çocuklara nasıl sunulduğu sorusuna verilen bilinçli bir yanıt olarak değerlendirilmelidir.

Kaynakça

- Akgündüz, D., & Akpınar, B.C. (2018). Okul öncesi eğitiminde fen eğitimi temelinde gerçekleştirilen STEM uygulamalarının öğrenci öğretmen ve veli açısından değerlendirilmesi. *Yaşadıkça Eğitim*, 32(1), 1-26.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (2007). *Qualitative research for education: An introduction to theories and methods* (5th ed.). Pearson.
- Campbell, C., Speldewinde, C., Howitt, C. J., & MacDonald, A. (2018). STEM practice in the early years. *Creative Education*, 9(1), 11-25.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Sage.
- Cunningham, C. M. (2009). Engineering is elementary. *The bridge*, 30(3), 11-17.
- Cunningham, C. M., & Kelly, G. J. (2017). Epistemic practices of engineering for education. *Science Education*, 101(3), 486-505.
- Dilek, H., Tasdemir, A., Konca, A.S. & Baltacı, S. (2020). Preschool children's science motivation and process skills during inquiry-based STEM activities.

- Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 6(2), 92-104. <https://doi.org/10.21891/jeseh.673901>
- Ecevit, T. (2023). STEM eğitiminde mühendislik ve girişimcilik tasarım modeli. In H. Özcan (Ed.), *STEM eğitim uygulamaları IV* (Bölüm 4). Vizetek Yayıncılık.
- Harrison, M. (2011). Supporting the T and the E in STEM: 2004-2010. *Design and Technology Education*, 16(1), 17-25.
- İdin, Ş., & Dönmez, İ. (2020). *It is never too early to start STEM education*. In Ş. Ü. Çetin, K. Bilican, & M. Üçgül (Eds.), *Key points for early childhood STEM education and involving parents: A guidebook for early childhood educators* (pp. 1–3).
- Karademir, A. & Yıldırım, B. (2021). A different perspective on preschool STEM education: STEM education and views on engineering. *Journal of Turkish Science Education*, 18(3), 338-350. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.77>
- Kutnick, P., & Kington, A. (2005). Children's friendships and learning in school: Cognitive enhancement through social interaction? *British Journal of Educational Psychology*, 75(4), 521–538.
- Öztürk, Z. D., & Çınar, S. (2022). Mühendislik tasarıma dayalı STEM eğitiminin okulöncesi öğrencilerin problem çözme becerisine etkisi. *Trakya Eğitim Dergisi*, 12(1), 34-56. <https://doi.org/10.24315/tred.868414>
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Sage.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

- Wendell, K. B. & Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513-540.
- Whitebread, D., Coltman, P., Jameson, H., & Lander, R. (2009). Play, cognition and self-regulation: What exactly are children learning when they learn through play? *Educational & Child Psychology*, 26(2), 40–52.
- Williams, P. J. (2011). STEM education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1), 26-35.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12. Baskı). Seçkin Yayınları.

3. BÖLÜM

Parçacık Algıçlarının Tür ve Özellikleri

Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU

- Giriş
- Yöntem
- Bulgular
- Tartışma, Sonuç ve Öneriler
- Kaynakça

Giriş

Fizik, doğa olaylarını teorik ve deneysel yönden araştıran bir bilimdir. Bu çalışmalarda uygulanan yöntemlerin başında deney ve gözlem gelmektedir. Fizik, nesneleri ve olayları gözlemlemekle başlar. Gözlem bir varlık ya da olay ile ilgili bilgiye ulaşmak için duyu organları ya da çeşitli araçlarla bilgi toplama işlemidir. Duyu organları ile yapılan gözlemin sonuçları öznel, kişilere göre değişebilir. Ancak ölçüm aletleriyle yapılan nicel gözlemin sonuçları objektif ve bilimseldir. Çünkü bilim kesin kanıtlara dayanır. Kanıt için gözlem ve deney zorunludur. Deney sonuçları tekrarlanabilir olmalı, bunlar kaydedilmeli ve başkalarıyla paylaşılmalıdır. Bilimsel yöntemin bu aşamaları parçacık fiziği deneylerinde de geçerli olmaktadır.

Atomun 20. yüzyılın başlarında elektron, proton, nötron gibi daha küçük parçacıklardan oluştuğu keşfedilmiştir. Böylece atom altı ya da parçacık fiziği denilen yeni bir alan doğmuştur. Bu alanda atom altı parçacıkların kütleleri, elektriksel yükleri ve spinleri hakkında araştırmalar yapılmakta, sonsuz küçüğün kalbine inilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmalarda elektron, proton, nötrino veya Higgs bozonunu gibi gözle görülmeyen parçacıkları araştırmak ve bunlar hakkında veri toplamak çok zor olmaktadır. Atom altı parçacıklar çıplak gözle görülemediğinden, fizikçiler onları gözlemlemek için yeni yöntemler ve cihazlar geliştirmek zorunda kalmaktadır. Bu amaçla geliştirilen çok özel cihazlara algıç denilmektedir (CERN, 2015). Böylece gözlem yerine algılama teknikleri ve algıçlar öne çıkmaktadır.

Algıç diğer adıyla dedektör, algılamak fiilinden gelmekte, algılama aracı ya da cihazı anlamında kullanılmaktadır. Peki, algılamak nedir? Algılamak, TDK Türkçe Sözlükte “Bir olayı veya bir nesnenin varlığını duyu organlarıyla kavramak;

idrak etmek” olarak açıklanmaktadır (TDK, 2025). Oxford Sözlüğünde “bir nesnenin varlığını ya da bir olayı duyum yoluyla yalın bir biçimde bilinç alanına almak, onu sezip anlamak, onun bilincine varmak” şeklinde verilmektedir (Oxford, 2025). Larousse Sözlüğünde ise “Bir araç yardımıyla bir olayı ya da bir nesnenin varlığını saptamak” olarak açıklanmaktadır (Larousse, 2025). Görüldüğü gibi algılamak genellikle bir cihaz kullanarak, gizli bir olgunun, bir cismin varlığını tespit etmek anlamında ele alınmaktadır. Ayrıca ortaya çıkarmak, izini sürmek, bulmak, keşfetmek gibi anlamları da içermektedir.

Parçacık algıcı, nükleer bozunma, kozmik radyasyon veya parçacık hızlandırıcısındaki reaksiyonlar gibi yollarla üretilen iyonlaştırıcı parçacıkları tespit etmek, izlemek ve/veya tanımlamak için kullanılan bir cihazdır. Bunlar parçacık fiziği deneylerinde yeni parçacıklar keşfetmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu cihazlar ya da bir algıç sistemi, parçacıkların etkileşimlerinden veya bozunmasından yayılan parçacıkları algılayan, uzay ve zamandaki yörüngelerini yeniden oluşturan yüzlerce tür gelişmiş elemandan oluşmaktadır. Yeni deneyler her zaman daha da ileri gitmek ve yeni keşifler yapmak için en gelişmiş algıç sistemiyle donatılmaktadır (Haba, 2019). Algıçlar parçacığın varlığını kaydetmenin yanı sıra, parçacığın enerjisini ve momentum, spin, yük, parçacık türü gibi diğer niteliklerini de ölçebilmektedir. Şu ana kadar icat edilen ve kullanılan algıçların çoğu iyonizasyon algıçları (en tipik olanları gaz iyonizasyon ve yarı iletken algıçları) ve sintilasyon algıçları olmaktadır.

Günümüzde CERN'deki hızlandırıcılar parçacık demetlerini yüksek enerjilere çıkararak çarpıştırmakta, algıçlar bu çarpışmalarda ortaya çıkan parçacıklar hakkında hız, kütle ve yük gibi çeşitli veriler toplamaktadır. Bu veriler incelenerek fizikçilerin atom altı parçacıkları keşfetmelerine yardımcı olmaktadır. Ancak bu gelişmelerin temeli parçacık fiziği alanında kullanılan ilk algıçlara

dayanmaktadır. Yani atom altı fiziğinin tarihi, algıç teknolojisinin gelişimiyle doğrudan bağlantılıdır. Bunlar parçacık fiziğinin ilerlemesinde önemli rol oynamaktadır (Kamışcioğlu, 2025). Algıçların hepsi aynı prensibe dayanmakta, parçacık enerjisini algıç malzemesine transfer etmektedir. Fizikçilerin bu enerji transferini görebilmeleri için onu insan duyularıyla erişilebilir bir biçime dönüştürmek gerekmektedir. Dönüştürme görevi algıçlara aittir. Bu amaçla tarihsel süreç içerisinde çok sayıda algıç geliştirilmiştir. Alandaki algıçlar incelendiğinde deney ve proje sayısı kadar algıç olduğu görülmektedir (Ravedoni, 2013). Bunların hepsini incelemek mümkün değildir. Çünkü bazı algıçlar başarılı olmuş ve birden fazla parçacığın keşfine katkı sağlamış, bazıları ise amaca hizmet etmediğinden bir kenara bırakılmıştır. Bu araştırmada “Atom altı parçacıkların keşfine katkı sağlayan algıçların temel özellikleri, benzer ve farklı yönleri nelerdir?” sorusuna cevap aranmıştır. Bu ölçütlere uygun olarak seçilen bütün algıçlar incelenmiş, türlerine göre gruplandırılmış ve özellikleri açıklanmıştır.

Yöntem

Atom altı parçacıkları keşfetmek için 1900 ‘lı yıllardan günümüze kadar çok sayıda algıç üretilmiştir. Ancak hepsi parçacık deneylerinde başarılı olamamıştır. Bazıları yetersiz kalmış bazıları da uygun görülmemiştir. Bazı parçacık algıçları ise sadece bir parçacığın cihazdan geçişini kaydetmekte ve yolu hakkında hiçbir bilgi vermemektedir. Bunlara sayaç denilmektedir. Örneğin Çerenkov sayacı, Geiger sayaçları gibi. Parçacık sayaçları araştırmaya dahil edilmemiştir. Araştırmanın önemi nedeniyle algıç seçiminde bazı ölçütler kullanılmıştır. Bunlar parçacık keşfine katkı sağlama, Nobel Fizik ödülü alma, alanda uzun süreli kullanma, bilimsel gelişmelere öncülük etme, araştırma ve deneylerle geliştirilme, çeşitli

proje ve deneylerde uygulanma gibi sıralanmıştır. Bu ölçütlere uyan on algıç belirlenmiştir.

Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman incelemesi yöntemi kullanılmıştır. Nitel araştırmalar görüşme, gözlem veya dokümanlar yoluyla nitel veri toplanarak gerçekleştirilmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2008). Bu yöntem doğrultusunda alandaki resmi ve yazılı dokümanlardan nitel ve nicel veriler toplanmıştır. Çalışma materyali olarak algıçlarla ilgili elektronik ve basılı kaynaklar, resmi belgeler, raporlar, bilimsel kitaplar, makaleler, sunu gibi dokümanlar ele alınmıştır. Ulaşılabilen bütün kaynaklardan elde edilen veriler incelenmiş, algıçların özellikleri, nasıl geliştirildiği, hareket noktası, diğer algıçlarla ortak ve farklı yönleri, algıcın kullanıldığı yıllar vb. hakkında bilgiler toplanmıştır. Ardından incelenen algıçlar tür ve özelliklerine göre gruplandırılmış, sayısal veriler tablolara aktarılmış ve gerekli yorumlar yapılmıştır.

Bulgular

Parçacık fiziği alanındaki araştırma ve deneylerin köklü bir geçmişi bulunmaktadır. Parçacıkları keşfetmek için tarihsel süreç içerisinde çok sayıda algıç geliştirilmiştir. Bunlar incelendiğinde karşımıza deney ve proje sayısı kadar algıç çıkmaktadır. Bunların hepsini incelemek mümkün değildir. Yöntem bölümünde belirlenen ölçütlere göre on algıç belirlenmiştir. Bunlar Wilson Bulut Odası Algıcı, Glaser Köpük Odası Algıcı, Kıvılcım Odası Algıcı, Charpak Tel Odası Algıcı, Sintilasyon Algıcı, CMS, ATLAS, ALICE, LHCb ve Super Kamiokande Nötrino Algıcı olarak sıralanmıştır. Araştırma sonunda elde edilen bulgular, kolay izlenmesi bakımından soru sırasına göre verilmiştir. Böylece bulgular “Algıç Türleri ve Algıçların Temel Özellikleri” olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır.

Algıç Türleri: Parçacık fiziği alanında 100 ‘ün üzerinde algıç geliştirilmiştir. Algıçlar kaynaklarda çeşitli başlıklar altında sınıflandırılmaktadır. Örneğin Ravedoni (2013), parçacık algıçlarını üç gruba ayırmaktadır. Bunlar döneme göre, görselleştirme (elektriksiz) ve elektrikli algıçlar, teknolojiye göre, gaz, sıvı ve katı algıçlar, işlevine göre, izleyiciler, kalorimetreler ve sayaçlar olmaktadır. Diğer taraftan Bareyre ve diğerleri (2025) gibi araştırmacılar algıçların hepsini görselleştirme ve elektronik algıçlar olarak iki başlık altında toplamaktadırlar. Bu araştırmada algıçlar, bir parçacığın keşfine katkı sağlama, Nobel Fizik ödülü alma, uzun süreli kullanıma, alandaki bilimsel gelişmelere öncülük etme, çeşitli deneylerle geliştirilme, çeşitli proje ve deneylerde uygulanma gibi ölçütlere göre seçilmiştir. Bu ölçütler sonucu Wilson Bulut Odası Algıç, Glaser Köpük Odası Algıç, Kıvılcım Odası Algıç, Charpak Tel Odası Algıç, Sintilasyon Algıç, CMS, ATLAS, ALICE, LHCb ve Nötrino Algıç Super Kamiokande algıçları seçilmiştir. Bu algıçlar temel özelliklerine göre 8 başlık altında toplanmıştır. Kolay anlaşılması için Tablo 3-1’de verilmiştir.

Tablo 3-1. Algıç türleri

Ölçütler	Algıç Türleri	
1 Döneme göre	Eski Algıçlar	Yeni Algıçlar
2 Teknolojiye göre	Elektrikli Algıçlar	Elektriksiz Algıçlar
3 İşlevine göre	Görselleştirme Algıçları	Sinyal Okuma (Elektronik) Algıçları
4 Malzemeye göre	Su ve Sıvı Algıçları	Gaz ve Katı Algıçları
5 Algıç tipine göre	Tekparça Algıçlar	Tümleşik Algıçlar
6 Ortama göre	Laboratuvar Algıçları	Araştırma Merkezi Algıçları
7 Ölçüme göre	İz Sürücüler	Kalorimetreler ve Sayaçlar
8 İşbirliğine göre	Küçük Ekip Algıçları	Uluslararası İşbirliği Algıçları

Tablo 3-1’de görüldüğü gibi algıçlar döneme göre eski ve yeni algıçlar, teknolojiye göre elektriksiz ve elektrikli algıçlar, işlevine göre görselleştirme ve sinyal okuma (elektronik) algıçları, kullanılan malzemeye göre su, sıvı, gaz ve katı algıçlar, algıç tipine göre tek parça ve tümleşik algıçlar, deney ortamına laboratuvar ve araştırma merkezi algıçları, ölçüme göre iz sürücüler, kalorimetre ve sayaçlar ile algıç tasarımına katılan kişi sayısına göre küçük ekip ve uluslararası işbirliği algıçları olarak sınıflandırılmıştır. Bunların temel özellikleri aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

Temel Özellikleri: Algıçları en temel özellikleri eski ve yeni anlayışa göre tasarlanmış olmalarıdır. Ardından işlevleri ve kullanılan malzemeler gelmektedir. Yine algıçların tekparça olması ve tümleşik olması ile tasarımda yer alan kişi sayısı da önemli olmaktadır.

Eski ve yeni algıçlar: Araştırmada algıçlar kullanıldığı döneme, tasarımına ve işlevine göre eski ve yeni olmak üzere iki grupta ele alınmıştır. Bunların keşif tarihi ve kullanıldıkları yıllar Tablo 3-2’de gösterilmiştir.

Tablo 3-2. Eski algıçlar

Eski Algıçlar	Keşif Tarihi	Kullanıldığı Yıllar
1 Wilson Bulut Odası Algıcı	1911 yılında Charles T.R. Wilson	1920-1950 arası
2 Glaser Köpük Odası Algıcı	1952 yılında Donald A. Glaser	1950-1970 arası
3 Kıvılcım Odası Algıcı	1949 yılı	1930-1960 arası
4 Sintilasyon Algıcı	1944 Samuel Crowe Curran	1940-1950 ve günümüz
5 Charpak Tel Odası Algıcı	1968 yılında Georges Charpak	1970-1990 arası

Tablo 3-2’de de görüldüğü gibi Wilson Bulut Odası Algıcı, Glaser Köpük Odası Algıcı, Kıvılcım Odası Algıcı, Sintilasyon Algıcı, Charpak Tel Odası Algıcı 1900’lu yıllardan başlamakta ve 1970 ‘li yıllara kadar gelmektedir. Bunların hepsi tekparça ve laboratuvarlarda kullanılan algıçlardır. Genellikle bir veya birkaç kişilik

araştırmacı grubu tarafından icat edilmiştir. Bunların bazıları geliştirilmiş ve yeni algıçların alt yapısını oluşturmuştur. Diğer taraftan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) çerçevesinde kullanılan CMS, ATLAS, ALICE, LHCb ile Super Kamiokande Nötrino Algıcı günümüzde çeşitli projelerde kullanılan yeni ve modern algıçlardır.

Görselleştirme ve Sinyal Okuma(Elektronik) Algıçları: Bu algıçlar aynı zamanda elektriksiz ve elektrikli algıçlar olarak da bilinmektedir. Görselleştirme Algıçlarının çalışma ilkeleri ve bazı özellikleri Tablo 3-3 ve 3-4’te verilmiştir.

Tablo 3-3. Görselleştirme algıçlarının çalışma ilkeleri

Algıç Adı	Çalışma İlkeleri
Wilson Bulut Odası Algıcı	Enerji yüklü bir parçacık maddeden geçtiğinde, yolundaki atomlardan elektronları dışarı atar ve arkasında pozitif iyonlardan oluşan bir iz bırakır. Su buharıyla aşırı doymuş havada, iyonlar buharın yoğunlaşmasını tetikler. Parçacığın izi, su damlacıklarından oluşan iz olarak görünür.
Glaser Köpük Odası Algıcı	Bulut odasının aşırı doymuş su buharı, aşırı ısıtılmış bir sıvı ile değiştirilir. Yüklü bir parçacığın izi boyunca oluşturulan iyonlar, etrafında kaynama meydana gelen çekirdekler sağlar ve iz, kabarcık izi olarak görünür. Kabarcık odası artık bulut odasının yerini almıştır.
Kıvılcım Odası Algıcı	Elektrik deşarjları iyon içeren bir gazdan daha kolay geçer. Yüklü bir parçacık, plakalar arasında bir voltaj uygulanarak iki plaka arasındaki bölgeden geçerse, deşarj parçacığının geride bıraktığı iyon izi boyunca geçer ve böylece izi görünür hale gelir.

Parçacıkları gözlemlemenin en etkili yöntemi parçacığın görünür bir iz bırakmasını sağlamaktır. Görselleştirme Algıçları bu amaca hizmet etmekte ve parçacık izlerini görünür kılmaktadır. Tablo 3-3’te de verildiği gibi bu algıçlarda parçacık izleri gözlemlenerek keşif yapılmaya çalışılmaktadır. Bu süreçte çok sayıda fotoğraf çekilmekte fotoğraflar incelenerek parçacık izleri saptanmaya çalışılmaktadır. Bu algıçlar her etkileşimi ayrıntılı olarak incelemeyi sağlamakta

ancak çalışma süresi çok yavaş olmaktadır. Bu algıçların diğer özellikleri Tablo 3-4'te verilmiştir.

Tablo 3-4. Görselleştirme algıçlarının özellikleri

Algıç adı	Wilson Odası Algıcı	Bulut Glaser Algıcı	Köpük Odası	Kıvılcım Odası Algıcı
Algıç tipi	Tekparça Algıç	Tekparça Algıç		Tekparça Algıç
Algıç yapısı	Silindirik cam oda ve piston	Silindirik cam oda ve piston		Metal levhaların paralel dizildiği oda
Malzemesi	Su ve alkol buharı	Sıvı hidrojen		Neon ve helyum
Parçacık izi	İzleri gözlemlenebilir	İzleri gözlemlenebilir		İzleri gözlemlenebilir
Keşfedilen parçacıklar	1932'de Pozitron 1936'da Müon 1947'de Kaon	Kuarkların varlığı, bir dizi yeni atom altı parçacık		1962'de Müon nötrino 1975'de Tau leptonu
Alınan ödül	1927 yılında Nobel Fizik Ödülü	1960 yılında Nobel Fizik Ödülü		1936 yılında Nobel Fizik Ödülü

Tablo 3-4'te görüldüğü gibi Görselleştirme Algıçları laboratuvar ortamında kullanılan küçük boy algıçlardır. Algıç yapısı silindirik bir cam oda ve pistondan ya da metal levhaların paralel dizildiği küçük bir odadan oluşmaktadır. Bu algıçlar çok sayıda parçacığın keşfinde rol oynamıştır. Örneğin 1932'de Pozitron, 1936'da Müon, 1947'de Kaon, 1962'de Müon nötrino, 1975'de Tau leptonu, Kuarkların varlığı ile bir dizi yeni atom altı parçacık gibi. Ancak zamanla yerini Sinyal Okuma (Elektronik) Algıçlarına bırakmıştır.

Dünyamızda 1968 yılına kadar parçacık keşfetme çalışmaları Wilson Bulut Odası Algıcı, Glaser Köpük Odası Algıcı, Kıvılcım Odası gibi algıçlarla yapıyordu. Bu algıçlarla parçacık izlerini bulmak için binlerce fotoğrafın inceleniyordu. Fotoğraf incelemesine dayanan eski yöntemler bu olayın hızla tespit edilmesine olanak vermiyor, dolayısıyla yeni olguların ve bilinmeyen parçacıkların keşfi çok yorucu

oluyordu. Bu süreci kolaylaştırmak için Georges Charpak, bir tüp ve tek bir tel kullanmak yerine, birçok paralel algılama teliyle donatılmış gaz dolu bir oda kullanma fikrini ortaya attı. Her bir tel bir transistörlü yükseltece bağlanarak bağımsız orantılı sayaç görevi görüyordu. Bilgisayara bağlanan bu cihaz, o dönemde kullanılan diğer algıçlardan bin kat daha hızlı sayma hızına ulaşmayı başardı. Bu buluş parçacık algılamada devrim yarattı ve bütün çalışmaları elektronik çağa taşıdı. Bu yeni teknik, geleneksel yöntemlerde saniye başına bir veya iki parçacığın izini kaydetmek yerine, saniyede milyonlarca parçacığın izini kaydediyordu. Böylece Charpak Tel Odası Algıcı gün yüzüne çıkmış oldu (Bareyre ve diğerleri, 2025).

Charpak Tel Odası Algıcı gibi elektronik algıçlar bir parçacığın geçişini elektriksel bir uyarıya dönüştürmektedir. Büyük miktardaki bilginin hızlı bir şekilde işlenmesine olanak sağlamaktadırlar. Bu algıçlar parçacıkları saymak, ortalama akılarını, enerjilerini, uzaysal konumlarını ölçmek veya doğalarını belirlemek için kullanılmaktadır. Sinyal Okuma ya da Elektronik Algıçların temel özellikleri Tablo 3-5'te verilmiştir.

Tablo 3-5. Elektrikli/sinyal okuma (elektronik) algıçlarının özellikleri

Algıç adı	Charpak Tel Odası Algıcı	Sintilasyon Algıcı
Algıç tipi	Tekparça Algıç	Tekparça Algıç
Algıç türü	Elektronik Algıç	Elektronik Algıç
Malzemesi	Aragon gazı	Sintilatör
Algıç yapısı	Cam oda ve yüksek voltajlı bir dizi ince tel	Sintilatör ve bir fotoçoğaltıcıdan oluşan tüp
Parçacık işareti	Bilgisayarla sinyal okuma	Bilgisayarla sinyal okuma
Keşfedilen parçacıklar	W ve Z bozonları, Tau-lepton, egzotik kuark ve üst kuarklar	Çeşitli kuarkların keşfine katkı

Alınan ödül	1992 yılında Nobel Fizik Ödülü	Çeşitli ödüller
-------------	--------------------------------	-----------------

Tablo 3-5'te görüldüğü gibi Sinyal Okuma Algıçları laboratuvar ortamında kullanılan küçük boy algıçlardır. Algıç yapısı bir cam oda ve yüksek voltajlı bir dizi tel ile sintilatör ve bir fotoçoğaltıcıdan oluşan tüpten oluşmaktadır. Bu algıçlar çok sayıda parçacığın keşfinde rol oynamıştır. Örneğin W ve Z bozonları, Tau-lepton, egzotik kuark ve üst kuarklar gibi.

Bu algıçlarla birlikte parçacık izlerini ayrıntılı olarak görselleştirmenin tek yolu artık fotoğraf olmaktan çıkmıştır. Olay görselleştirmeleri, bir olay sonucu oluşan parçacıklara karşılık gelen dijital sinyallerin görsel temsili biçimini aldı. Üstelik sadece fizikçilerin ilgisini çeken izlerin görselleştirilmesi mümkün hale geldi. Görselleştirmeler artık algıçlarda olup biten ilginç olayların bir resmiydi (CERN, 2015, 2025).

Tekparça ve Tümleşik Algıçlar: Eski algıçların hepsi tekparça algıdır. Bu algıçlarda parçacıkların izini belirleme ya da sinyalin okuma işlemi yapılıyordu. Bu nedenle algıç yapısı ve algıçlarda kullanılan malzeme buna göre düzenleniyordu. Ancak bu durum zaman değişmiş ve algıçlar giderek daha karmaşık hale gelmiş, aynı anda çok daha fazla parçacığın tespit edilmesi çalışmalarına başlanmıştır. Böylece her olayla ilişkili veri miktarı artmış ve olay görselleştirmeleri daha karmaşık hale gelmiştir (CERN, 2015).

Son yıllarda modern algıçlar tasarlanmıştır. Modern algıçlar, bir olayın farklı yönlerini test eden birbirinden farklı ve çeşitli araç, gereç ile donanımdan oluşmaktadır. Yani çok bileşenli algıçlardır. Bileşenler, fizikçilerin bir olay esnasında ortaya çıkarılan parçacıklar hakkında en çok veriyi elde edebilecekleri şekilde düzenlenmiştir. Bunlara genellikle tümleşik algıç denilmektedir. Tümleşik algıçlarda incelenen parçacıklar bazı malzemelerde farklı izler bıraktığı için çeşitli malzemeden yapılmış amaca özel birden fazla algıç birleştirilmektedir. Böylece

son deneylerde çok işlevli, çeşitli ölçümleri aynı anda yapan, çok sayıda veriyi kaydeden algıçlar kullanılmaktadır. Örneğin Büyük Hadron Çarpıştırıcısında bu özelliklere sahip CMS, ATLAS, ALICE ve LHCb gibi dört farklı noktada algıç bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki Tablo 3-6’da verilmiştir.

Tablo 3-6. Tümüleşik algıçlarının özellikleri

Algıç Adı	Algıç Parçaları	Algıç Yapısı
CMS ALGICI (Compact Muon Selenoid)	- Slikon izsürücü - Elektromanyetik kalorimetre - Hadronik kalorimetre - Selenoid mıknatıs - Muon odaları	- Yüksekliği 28,7 metre, - Genişliği 15 metre, - Ağırlığı 14.000 ton, -Yerin 92 metre altında,
ATLAS ALGICI (A Toroidal LHC ApparatuS)	• İz sürme (İç Algıç) • Enerji Ölçümü -EM kalorimetre -Hadron kalorimetre • Muon Ölçümü	-Uzunluğu 46 metre, -Yüksekliği 25 metre, - Genişliği 25 metre, - Ağırlığı 7000 ton, -En büyük parçacık algıcı.
ALICE ALGICI (A Large Ion Collider Experiment)		-Uzunluğu 26 metre, - Yüksekliği 16 metre, -Genişliği 16 metre, -Ağırlığı 10,000 ton, -Fransa’da yerin 56 m altında.
LHCb ALGICI The Large Hadron Collider beauty	-İleri spektrometre, - Düzlem algıçlardan oluşmuştur (Przysieznia, 2004).	-Uzunluğu 21 metre, -Yüksekliği 10 metre, -Genişliği 13 metre, -Ağırlığı 5600 ton, -Fransa'da yerin 100 m altında
Super Kamiokande Nötrino Algıcı	Duvarlarında 13.000 foton algılayıcı var (SK, 2025).	-50.000 ton saf su ile dolu, -Yerin 1000 metre altında, - Japonya’nın Gifu kentinde Kamioka Dağının altında

Tablo 3-6’da görüldüğü gibi Tümüleşik Algıçlar yer altına yerleştirilmiş devasal hacimli ve karmaşık bir yapıya sahip algıçlardır. Çok sayıda algıç ve yeni parçanın birleştirilmesiyle tasarlanmıştır. Örneğin CMS Algıcının en iç kısımda

parçacıkların momentumunu, yükünü ve yörüngesini belirleyen iz sürücü bulunmaktadır. İz sürücünün hemen arkasında elektronların ve fotonların enerjilerini ölçen elektromanyetik kalorimetre ve hemen ardından da kuvvetli etkileşen parçacıkları ölçmek için hadronik kalorimetre yer almaktadır. Son olarak en dışta müonların yük ve momentumlarını ölçmek için müon odacıkları bulunmaktadır. Bu özellikler çok sayıda olayın kaydını yapmaktadır. Örneğin Büyük Hadron Çarpıştırıcısı her saniyede gerçekleşen 40 milyon olaydan sıra dışı olan 350-400 olayı kaydetmektedir (Ravedoni, 2013). Yine LHC çarpışmasında Güneş'in merkezindeki sıcaklık değerinin 100,000 katı sıcaklık değerine ulaşılmaktadır (CMS, 2025). Bu durum algıç teknolojisinin hızla geliştiğini göstermektedir. Son yıllarda bu alandaki çalışmalar yapay zekâ ile desteklenmektedir.

Ölçüm ve İşbirliği: Algıçlarda yapılan ölçümler ve işbirliği de önemli olmaktadır. Eski algıçlarda genellikle tekli ölçümler söz konusudur. Yani parçacığın izini saptama ya da sinyalin okuma gibi. Ancak yeni ve modern algıçlarda momentum ölçümü yapılmakta, manyetik alanda parçacıkların izleri takip edilmekte, iz sürücülerle parçacıklar tanınmaya çalışılmaktadır. Bir başka ifadeyle çoklu ölçümler yapılmakta, parçacığın varlığını kaydetme ile birlikte parçacığın enerjisi ve momentum, spin, yük, parçacık türü gibi diğer nitelikleri de ölçülmektedir. Bu amaçla Elektro Manyetik Kalorimetre, Hadron kalorimetre gibi çeşitli cihazlar kullanılmaktadır (CMS, 2025). İşbirliğine gelince eski algıçlar birkaç kişilik araştırmacı ekibi tarafından üretilirken yeni algıçlarda uluslararası işbirliği söz konusu olmaktadır (Trincas-Duvoid, 2016). Yeni algıçlar farklı ülkelerdeki çok sayıda bilim insanının çalışmasıyla tasarlanmakta ve geliştirilmektedir. İşbirliği sayıları Tablo 3-7'de verilmiştir.

Tablo 3-7. Yeni algılarda işbirliği

Algıç Adı	İşbirliği Yapılan Kişi Sayısı
CMS ALGICI (Compact Muon Selenoid)	- 41 ülkeden 4300 parçacık fizikçileri, mühendisler, teknisyenler, öğrenciler, 179 üniversiteden destek personeli (CMS, 2025).
ATLAS ALGICI (A Toroidal LHC ApparatuS)	-38 ülkeden, 174 üniversite ve laboratuvar ile yaklaşık 3000 bilim insanının ortak çalışmasıyla tasarlanmıştır(Trincaz-Duvoid, 2016)
ALICE ALGICI (A Large Ion Collider Experiment)	- 33 ülkeden 132 fizik enstitüsünden 1000 den fazla bilim insanı çalışmaktadır
LHCb ALGICI (The Large Hadron Collider beauty)	-15 farklı ülke 66 farklı enstitüden 700 bilim adamı işbirliği oluşturmaktadır.
Super Kamiokande Nötrino Algıcı	Uluslararası bir ekibin yardımıyla Tokyo Üniversitesi Kozmik Işın Araştırmaları Enstitüsü tarafından işletilmektedir.

Tablo 3-7’de görüldüğü gibi yeni algıçlar uluslararası düzeyde 15-41 ülkeden katılan 700- 4300 arası parçacık fizikçileri, mühendisler, teknisyenler, öğrenciler ve çok sayıda üniversiteden destek personelinin katkısıyla tasarlanmakta ve geliştirilmektedir. Araştırmalar ve veriler geniş bir kitleye ulaştırılmaktadır. Bu algıçlarla daha önce teorik olarak olduğu düşünülen Higgs parçacığı 2012 yılında CERN’de yapılan CMS ve ATLAS deneyleri ile doğrulanmıştır. Ardından 14 Mart 2013’te bilim insanları Higgs Bozonu’nun varlığından emin olduklarını açıklamış ve 08 Ekim 2013 tarihinde Alfred Nobel adına verilen Nobel Fizik Ödülünü, Peter Higgs ve François Englert’in kazandığı ilan edilmiştir (Trincaz-Duvoid, 2016).

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Araştırmada atom altı parçacıkların keşfine katkı sağlayan önemli algıçların tür ve temel özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla seçilen on algıç, benzer ve farklı özelliklerine göre yeniden sınıflandırılarak 8 grupta toplanmıştır. Bunlar döneme göre eski ve yeni algıçlar, teknolojiye göre elektriksiz ve elektrikli algıçlar, işlevine göre görselleştirme ve sinyal okuma algıçları, kullanılan malzemeye göre su, sıvı, gaz ve katı algıçlar, algıç tipine göre tek parça ve tümleşik algıçlar, ortama laboratuvar ve araştırma merkezi algıçları, ölçüme göre iz sürücüler, kalorimetre ve sayaçlar ile algıç tasarımındaki işbirliğine göre küçük ekip ve uluslararası işbirliği algıçları olarak belirlenmiştir. İnceleme sonucunda parçacık algıçlarının geçmişten günümüze kadar hızla geliştiği ve sürekli yeni algıçların üretildiği görülmüştür. Her algıcın eskisinden daha işlevsel özelliklere sahip olduğu ve alandaki fizikçilerin zihinsel verimliliğini yansıttığı görülmüştür.

Görselleştirme algıçlarında parçacık izlerini bulmak için binlerce fotoğraf incelenirken elektronik algıçlar bir parçacığın geçişini elektriksel uyarıya dönüştürmekte ve çok miktarda bilginin hızlı bir şekilde işlenmesi sağlanmaktadır. Eski algıçların hepsi tekparça algıç özelliğini taşımakta, sadece parçacıkların izini ya da sinyalini belirlemeye olanak tanımaktadır. Bu durum zamanla değişmiş ve tümleşik algıçlara geçilmiştir. Tümleşik algıçlar aynı anda çok daha fazla parçacığı tespit edebilme işlevine sahiptir. Böylece son deneylerde çok işlevli ve çeşitli ölçümleri aynı anda yapan, çok sayıda veriyi kaydeden algıçlar kullanılmaktadır. Eski algıçlarda birkaç araştırmacı birlikte çalışırken yeni algıçlarda uluslararası işbirliği söz konusudur. Güncel algıçlar çok sayıda bilim insanının çalışmasıyla tasarlanmakta, geliştirilmekte ve yapay zekâ ile desteklenmektedir. Bu çalışmalar sonunda çok sayıda parçacık keşfedilmekte, sonsuz küçüğün kalbine inilmekte ve evrende bilinmeyene doğru giden yolculuk sürmektedir.

Kaynakça

- Bareyre, P., Baton, J-P., Charpak, G., Neveu, M. & Pire, B. (2025). Détecteurs de particules. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/detecteurs-de-particules/> adresinden 10.03.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Haba, J. (2019). Advances in Particle Detectors, *XXIX International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies – LeptonPhoton 2019, August 5-10, 2019 Toronto, Canada*
- CERN (2015). Voir l'invisible: événements en physique des particules, Home /CERN <https://home.cern/fr/news/news/detectors/> 03.03.2025 tarihinde erişilmiştir.
- CERN (2025). CERN <https://home.cern/science/experiments>, 26.01.2025 tarihinde erişilmiştir.
- CMS (2025). <https://cms.cern/collaboration>. 11.06.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Kamışcioğlu, Ç. (2025). Parçacık fiziğine yön veren algıçlar. H. H. Doğan & A. Dayangaç (Ed.), *Fen bilimleri ve matematikte uluslararası çalışmalar içinde* (s.19- 42). Serüven Yayınevi.
- Larousse (2025). Définitions: détecter - Dictionnaire de français Larousse, <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/detecter>
- Oxford (2025). [Oxford Languages](https://languages.oup.com/google-dictionary-tr), <https://languages.oup.com/google-dictionary-tr>
- Przysiezniak, H. (2004). Sujets choisis en physique des particules expérimentale. Physique des Hautes Energies - Expérience [hep-ex]. Université de Savoie, 2004.

Ravedoni, M. (2013). <https://michaelravedoni.ch/assets/publications/ravedoni-2013-tm-particules.pdf> adresinden 11.03 2025 tarihinde erişilmiştir.

SK (2025). <http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/> 11.06.2025 günü erişilmiştir.

Trincas-Duvoid, S. (2016). Introduction la physique des particules, LAPHE et UPMC. Sorbonne Universités, Paris.

TDK (2025). Güncel Türkçe Sözlük. <https://sozluk.gov.tr>

Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayınları

FEN BİLİMLERİNDE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

Editörler

Doç. Dr. Ayşe Derya IŞIK

Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU

Bilim genel olarak, gözlem ve deneye dayalı bilimsel yöntemlerle elde edilen sistemli ve kanıtlanmış bilgiler bütünüdür. Bunlar teori/kuram, yasa ve ilkeler halinde ifade edilmektedir. Bilimin temel özellikleri objektiflik, doğruluk, özeleştir, denemeye açıklık, mantıklı, sistemli, sürekli, kontrollü, gerçekleştir, seçicilik ve gözlem şeklinde sıralanmaktadır. Bunlar aynı zamanda bilimsel bilginin nitelikleri olmaktadır. Bilimsel bilgi objektif, doğru, mantıklı, sistemli, devamlı, kontrollü, sade, gerçek, gözlenebilir ve deneye açık bilgilerdir. Bunlar fen bilimlerinde ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü fen bilimleri gözlenen doğayı ve doğa olaylarını sistemli bir şekilde inceleme, henüz gözlenmemiş olayları kestirme çabalarını içermektedir. Doğadaki her olay fennin bir konusunu oluşturduğu için, fen yaşamın önemli bir parçası olmaktadır.

Fen eğitimi denilince ilk akla gelen bilimsel bilgilerle donatılmış ve düşün sistemi gelişmiş öğrenciler yetiştirmektir. Bunun için öğrencilere gözlem, deney yapma, araştırma, inceleme, hipotez kurma, tasarım yapma, bilimsel sorgulama, test yapma, ölçme, öğrenmeyi öğrenme gibi becerileri kazandırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ardından alanla ilgili etkili öğretim yöntemleri, teknik ve materyaller geliştirilmektedir. Böylece dil, zihinsel ve sosyal becerileri gelişmiş bireyler yetiştirilmeye çalışılmaktadır. Bu anlayış ülkemizde de kabul görmekte, düşünen, araştıran, sorgulayan, sorun çözen, girişimci, yenilikçi ve ülkemizin geleceğine yön verecek bireyler yetiştirme amaçlanmaktadır.

“Fen Bilimlerinde Güncel Araştırmalar” teması ile hazırladığımız bu kitapta 3 bölüme yer verilmiştir. Bölümlerde fen bilimi ve eğitime yönelik konulara yer verilmiştir. Kitabın alandaki eğitimci, araştırmacı, uygulamacı ve okuyuculara katkı getirmesini dileriz.