

**4. SINIF KESİRLER ÜNİTESİNİN ÖĞRETİMİNDE
3B YAZICILARIN KULLANIMININ
ÖĞRENCİLERİN AKADEMİK BAŞARILARINA ETKİSİ**

Onur KAVAS
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Murat PEKER
Ekim, 2021
Afyonkarahisar

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEMEL EĞİTİM ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

4. SINIF KESİRLER ÜNİTESİNİN ÖĞRETİMİNDE
3B YAZICILARIN KULLANIMININ
ÖĞRENCİLERİN AKADEMİK BAŞARILARINA ETKİSİ

Hazırlayan
Onur KAVAS

Danışman
Prof. Dr. Murat PEKER

AFYONKARAHİSAR 2021

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**4. Sınıf Kesirler Ünitesinin Öğretiminde 3B Yazıcıların Kullanımının Öğrencilerin Akademik Başarılarına Etkisi**” adlı bu çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım bütün eserlerin Kaynakça’da gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

22/10/2021

Onur KAVAS

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ENSTİTÜ ONAYI

Öğrencinin	Adı- Soyadı	Onur KAVAS
	Numarası	180682109
	Anabilim Dalı	Temel Eğitim
	Programı	Sınıf Eğitimi
	Program Düzeyi	<input checked="" type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Doktora <input type="checkbox"/> Sanatta Yeterlik
Tezin Başlığı	4. Sınıf Kesirler Ünitesinin Öğretiminde 3B Yazıcıların Kullanımının Öğrencilerin Akademik Başarılarına Etkisi	
Tez Savunma Sınav Tarihi	22.10.2021	
Tez Savunma Sınav Saati	10:00	

Yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez, Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek oy birliği – oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Elbeyi PELİT
MÜDÜR

ÖZET

4. SINIF KESİRLER ÜNİTESİNİN ÖĞRETİMİNDE 3B YAZICILARIN KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN AKADEMİK BAŞARILARINA ETKİSİ

Onur KAVAS

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEMEL EĞİTİM ANABİLİM DALI

Ekim, 2021

Danışman: Prof. Dr. Murat PEKER

Araştırmada, ilkokul 4. sınıf matematik dersi, kesirler ünitesinin öğretiminde, 3B yazıcıların öğrencilerin akademik başarılarına olan etkisinin belirlenmesi ve bu yazıcılar hakkında öğrencilerin görüşlerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda araştırma, 2019-2020 eğitim-öğretim yılı birinci yarısında Afyonkarahisar’da bulunan bir devlet ortaokulunun dördüncü sınıflarında öğrenim gören 38 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Rastgele olarak belirlenmiş deney ve kontrol gruplarında 19’ar öğrenci bulunmaktadır. Araştırmada, nicel ve nitel araştırma desenlerinin bir arada yer aldığı gömülü karma deseni kullanılmıştır. Üç boyutlu yazıcıların kesirler ünitesi öğretiminde öğrencilerin akademik başarılarına olan etkisini belirlemek amacıyla araştırmanın nicel kısmında yarı-deneysel desenlerden eşitlenmemiş kontrol gruplu öntest-sontest modeli kullanılmıştır. Araştırmanın nitel bölümünde ise sadece deney grubuna uygulanan yapılandırılmış görüşme formundaki açık uçlu sorular ile araştırmanın katılımcılar üzerinde ne gibi bir etki yarattığı, katılımcıların 3B yazıcılar hakkındaki görüşleri, 3B yazıcıların matematik dersinde kullanımı ve matematik dersine etkisi sorularak uygulama hakkında dönütler alınmıştır. Ayrıca deney grubu öğrencilerinden uygulamanın devam ettiği süreç boyunca günlük tutmaları istenmiştir. Deney grubundaki öğrencilere ilgili ünite konuları, üç boyutlu yazıcılar yardımıyla hazırlanan etkinliklerle desteklenmiş 5E öğrenme halkası modeline uygun ders planları kullanılarak anlatılırken, kontrol grubundaki öğrencilere ise 5E öğrenme halkası modeline uygun mevcut programa göre anlatılmıştır. Araştırmada veri toplama araçları olarak; Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi (KÜABT), deney grubundaki öğrencilerin dört hafta boyunca beraber yaptıkları etkinliklerin gözlemlenmesi ve baştan sona tüm sürecin değerlendirilmesi amacıyla Öğrenci Günlük Formu ile yine sadece deney grubundaki öğrencilere uygulanan Yapılandırılmış Görüşme Formu kullanılmıştır.

Araştırmadan elde edilen nicel veriler, istatistik programı ile analiz edilmiş, deney ve kontrol gruplarının öntest ve sontest puanlarının birlikte normal dağılım göstermemesi nedeniyle non-parametrik ANCOVA testi kullanılmıştır. 4. Sınıf matematik dersinde normal öğretim programı çerçevesinde 5E öğrenme halkası modeline uygun 3B yazıcıların kullanıldığı etkinliklerin uygulandığı deney grubu ve normal öğretim programı çerçevesinde 5E öğrenme halkası modeline uygun öğretimin yapıldığı kontrol grubunun KÜABT öntest puanlarına göre düzeltilmiş KÜABT sontest puanları arasında manidar bir

farklılığın olduğu görülmüştür.

Ayrıca, bu araştırmada nitel verilerin analizi için nitel veri analiz programı kullanılmıştır. Deney grubu öğrencilerinin süreç boyunca tuttıkları günlükler betimsel analize tabi tutulmuştur. Sadece deney grubu öğrencilerinden dokuz öğrenci ile yapılan yapılandırılmış görüşme verilerinin analizi ise içerik analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda, 3B yazıcıların kullanıldığı derslerde öğrencilerin çok zevk alıp eğlendikleri, konuyu daha kolay öğrendikleri tespit edilmiştir. Ayrıca öğrenciler ünite konularını daha iyi anladıklarını, yapılan etkinliklerin hayal güçlerini geliştirdiğini, iş birliği yapmayı öğrendiklerini ve derslerin sıkıcı olmadığını belirtmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: 3B yazıcılar, matematik öğretimi, kesirler, akademik başarı.

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING 3D PRINTERS IN TEACHING FOURTH GRADE FRACTIONS UNIT ON STUDENTS' ACADEMIC ACHIEVEMENT

Onur KAVAS

**AFYON KOCATEPE UNIVERSITY
INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF BASIC EDUCATION**

October, 2021

Advisor: Prof. Dr.Murat PEKER

In the research, it was aimed to determine the effect of 3D printers on the academic success of the students in the teaching of the fractions unit in the 4th grade mathematics lesson and to reveal the opinions of the students about these printers. For this purpose, the research was carried out with 38 students studying in the fourth grade of a public primary school in Afyonkarahisar in the first semester of the 2019-2020 academic year. There are 19 students each in the randomly determined experimental and control groups. Embedded mixed research design, which combines quantitative and qualitative research designs, was used in the research. In order to determine the effect of three-dimensional printers on the academic achievement of students in teaching fractions unit, pretest-posttest design with unequalized control group was used in the quantitative part of the research. In the qualitative part of the study, open-ended questions in the structured interview form applied only to the experimental group were asked about the effect of the research on the participants, the opinions of the participants about 3D printers, the use of 3D printers in the mathematics lesson and the effect of the 3D printers on the mathematics lesson. In addition, the experimental group students were asked to keep a diary throughout the application process. While the subjects in the experimental group were taught using lesson plans suitable for the 5E learning cycle model supported by activities prepared with the help of three-dimensional printers, the students in the control group were explained according to the current program suitable for the 5E learning cycle model. As data collection tools in the research; Fractions Unit Academic Achievement Test (KÜABT), Student Diary Form, and Structured Interview Form applied only to students in the experimental group were used in order to observe the activities that the students in the experimental group did together for four weeks and to evaluate the whole process from start to finish.

The quantitative data obtained from the research were analyzed with the statistical program, and the non-parametric ANCOVA test was used because the pretest and posttest scores of the experimental and control groups did not show normal distribution together. It was observed that there was a significant difference between the KÜABT pretest scores corrected according to the KÜABT pretest scores of the experimental group in which the activities in which 3D printers were used in accordance with the 5E learning cycle model in the 4th grade mathematics course within the framework of the normal curriculum and the control group in which the 5E learning cycle model was taught within the framework of the normal curriculum.

In addition, qualitative data analysis program was used for the analysis of qualitative data in this study. The diaries kept by the experimental group students throughout the process were subjected to descriptive analysis. Only the content analysis of the structured interview data with nine students from the experimental group was made. As a result of the analyzes, it was determined that they enjoyed and had fun in the lessons in which 3D printers were used, and they learned the subject more easily. In addition, the students stated that they understood the unit topics better, that the activities carried out developed their imaginations, that they learned to cooperate and that the lessons were not boring.

Keywords: 3D printers, math teaching, fractions, academic achievement.

ÖN SÖZ

Araştırma sürecinin tamamında bilgisi ve deneyiminin yanında manevi olarak desteklerini esirgemeyen, araştırmanın en doğru şekilde yürütülmesini sağlayan, çok kıymetli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Murat PEKER başta olmak üzere, her zaman güç aldığım ve her konuda bana destek olan sevgili eşim Kübra KAVAS'a, güzeller güzeli kızlarım Elif Sena ve Zeynep Duru'ya, benim bugünlere gelmemde büyük emeği olan Anneme ve Babama, her konuda desteğine başvurabildiğim, hiçbir zaman desteğini ve deneyimini esirgemeyen sevgili dostum Dr. Kadir KAPLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitimim süresince bilgilerini benimle paylaşan, yapıcı eleştirileriyle bana yol gösteren, kendilerini tanımaktan ve öğrencileri olmaktan onur duyduğum Prof. Dr. Nil DUBAN'a, Prof. Dr. İjlal OCAK'a, Doç. Dr. Tuğba SELANİK AY'a ve Doç. Dr. Nuray KURTDEDE FİDAN'a teker teker teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bu araştırma sürecinde bana destek olan Arş. Grv. Ramazan EROL ve Arş. Grv. Mehmet Ertürk GEÇİCİ'ye çok teşekkür ederim.

Onur KAVAS
2021, Afyonkarahisar

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
YEMİN METNİ	ii
ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜ ONAY SAYFASI	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
ÖN SÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

1. EĞİTİM 4.0 VE 3 BOYUTLU YAZICILAR.....	11
1.1. EĞİTİM 4.0	11
1.1.1. Eğitim 4.0 İçin Gerekli Olan Beceriler.....	11
1.2. BOYUTLU YAZICILAR (3B YAZICILAR).....	12
1.1.2. 3B Yazıcıların Tarihsel Gelişimi.....	13
1.1.3. 3B Baskı Teknolojileri	14
1.2.2.1. Stereolitografi (SLA).....	14
1.2.2.2. Seçici Lazer Sinterleme (SLS)	16
1.2.2.3. Çok Jetli Modelleme (MJM)	17
1.2.2.3. Eriyik Yığıma Modelleme (FDM).....	18
1.3. 3B YAZICILARDA BASKI SÜRECİ.....	20
1.4. 3B YAZICILARIN KULLANIM ALANLARI.....	26
1.5. 3B YAZICILARIN EĞİTİM ALANINDA KULLANIMI.....	29
1.5.1. 3B Yazıcıların Matematik Eğitiminde Kullanımı	32
1.5.2. Kesirlerin Öğretimi	34
1.5.3. 5E Öğrenme Halkası Modeli	36
2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	40
2.3. YURT İÇİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR	40
2.4. YURT DIŞINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	51

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM

1. ARAŞTIRMANIN MODELİ VE DESENİ	60
2. ÇALIŞMA GRUBU	62
3. DENEYSSEL İŞLEM BASAMAKLARI.....	63
3.1 DERS PLANLARININ HAZIRLANMASI	63
3.2 ÖĞRETİM MATERYALLERİ HAZIRLAMA VE ÜRETİM SÜRECİ.....	64
3.3 ETKİNLİK GELİŞTİRME.....	66

3.3.1. Etkinlik Geliştirme Süreci	67
3.3.2. Etkinlikler İçin Geçerlilik ve Güvenirlik Çalışması	69
3.4. GRUPLARININ OLUŞTURULMASI – ÖNTESTİN UYGULANMASI	69
3.5. UYGULAMA ORTAMININ HAZIRLANMASI	70
3.6. UYGULAMA SÜRECİ	70
3.7. SONTTESTLERİN UYGULANMASI	71
4. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI	72
4.1. AKADEMİK BAŞARI TESTİ	72
4.1.1. Akademik Başarı Testi Geliştirme Adımları	72
4.2. ÖĞRENCİ GÜNLÜK FORMU	78
4.3. YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞME FORMU	78
5. VERİLERİN ANALİZİ	80

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE YORUM

1. NİCEL VERİLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR VE YORUM	82
1.1. BİRİNCİ ALT PROBLEME İLİŞKİN BULGULAR VE YORUM	82
2. NİTEL VERİLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR VE YORUM	84
2.1. İKİNCİ ALT PROBLEME İLİŞKİN BULGULAR VE YORUM	84
2.1.1. Birinci Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar	84
2.1.2. İkinci Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar	88
2.1.3. Üçüncü Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar	91
2.1.4. Dördüncü Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar	95
2.1.5. Beşinci Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar	98
2.1.6. Altıncı Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar	101
2.2. ÜÇÜNCÜ ALT PROBLEME İLİŞKİN BULGULAR VE YORUM	104
SONUÇLAR TARTIŞMA VE ÖNERİLER	118
KAYNAKÇA	125
EKLER DİZİNİ	139
ÖZGEÇMİŞ	175

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. Eşitlenmemiş Kontrol Gruplu Öntest-Sontest Modeli	61
Tablo 2. Araştırma Modeli.....	61
Tablo 3. Deney ve Kontrol Grubunda Bulunan Öğrencilerin Cinsiyete Göre Dağılımı	62
Tablo 4. Belirtke Tablosu	73
Tablo 5. Madde Güçlüğüne Göre Madde Analizi Sonuçları	76
Tablo 6. Madde Ayırt Edicilik İndeksi Değerlerine Göre Madde Analizi Sonuçları	76
Tablo 7. Test Maddelerinin Madde Güçlüğü ve Ayırt Edicilik İndeksi Değerleri	77
Tablo 8. Nihai Testin İstatistikleri	77
Tablo 9. Deney ve Kontrol Gruplarının Akademik Başarı Testi Öntest Puan Ortalamalarının Karşılaştırılması	83
Tablo 10. KÜABT Kontrol Grubu Öntest-Sontest Sonuçları.....	84
Tablo 11. KÜABT Parametrik Olmayan ANCOVA Sonuçları.....	84
Tablo 12. Birinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi.....	86
Tablo 13. İkinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi	89
Tablo 14. Üçüncü Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi	93
Tablo 15. Dördüncü Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi.....	96
Tablo 16. Beşinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi.....	100
Tablo 17. Altıncı Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi.....	103
Tablo 18. Öğrencilerin Matematik Dersinin İçeriği İle İlgili Görüşleri	107
Tablo 19. Öğrencilerin Matematik Dersinin Nasıl İşlenmesi Gerektiği İle İlgili Görüşleri.....	109
Tablo 20. Öğrencilerin Matematik Dersinde Yapılan Etkinliklerle İlgili Görüşleri.....	110
Tablo 21. Öğrencilerin Yazıcılar Hakkındaki Görüşleri.....	112
Tablo 22. Öğrencilerin Matematik Dersinde 3B Yazıcı Kullanımının Öğrenmelerine Katkısına Yönelik Görüşleri	114
Tablo 23. Öğrencilerin Matematik Dersinde 3B Yazıcı Kullanımı Sırasında Yaşanan Sorunlara Yönelik Görüşleri	116
Tablo 24. Öğrencilerin Matematik Dersinde Hangi Konularda 3B Yazıcı Kullanılabileceğine Yönelik Görüşleri	118
Tablo 25. Öğrencilerin Hangi Derslerde 3B Yazıcı Kullanılabileceğine Yönelik Görüşleri	119

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Kişisel Kullanım İçin Üretilmiş Bir Yazıcı.....	14
Şekil 2. Stereolitografi (Stereolithography-SLA) Yazıcı Şematik Görüntüsü	15
Şekil 3. Seçici Lazer Sinterleme (SLS) Sürecinin Şematik Genel Görünümü.....	16
Şekil 4. Çok Jetli Modelleme (MJM) Tipi Yazıcı ve Şematik Görünümü	18
Şekil 5. Eriyik Yığıma Modelleme (FDM) Tipi Yazıcı ve Bileşenleri	19
Şekil 6. Üç Boyutlu Yazıcılarda Baskı Süreci	21
Şekil 7. Tinkercad Platformu Arayüzü.....	22
Şekil 8. Örnek G-Kod Dosya İçeriği	23
Şekil 9. 3B Yazıcıda Üretilmiş Nesnelər.....	24
Şekil 10. 3B Üretim Teknolojisine Göre Materyal Kullanımı	25
Şekil 11. 3B Yazıcılarla Üretilmiş Ev Örneği.....	28
Şekil 12. 5E Öğrenme Halkası Modeli.....	37
Şekil 13. Tinkercad Programının Öğretimi	66
Şekil 14. Etkinlik Geliştirme Süreci.....	68
Şekil 15. Uygulama Süreci Ders Etkinlikleri	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MEB : Milli Eğitim Bakanlığı

% : Yüzde

& : ve

Bkz. : Bakınız

f : Frekans

N : Katılımcı Sayısı

\bar{X} : Aritmetik Ortalama

p : Anlamlılık Düzeyi

ss: Standart sapma

SD: Serbestlik Derecesi

t: t-testi için t değeri

DP: Düşük puanlı öğrenci

OP: Orta puanlı öğrenci

YP: Yüksek puanlı öğrenci

3B: Üç boyutlu

STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics

KÜABT: Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi

CAD: Computer Aided Design/Bilgisayar Destekli Tasarım

ABS: Acrylonitrile Butadiene Styrene/Akrilonitril Bütadien Stiren

PLA: Polylactic Acid/Polilaktik Asit

SLA: Stereo Lithograph Apparatus/Stereolitografi Cihazı

SLS: Selective Laser Sintering/Seçici Lazer Sinterleme

FDM: Fused Deposition Modelling/Eriyik Yığıma Modelleme

STL: Standard Tessellation Language/Standart Mozaik Döşeme Dili

UV: Ultraviyole/Morötesi

GİRİŞ

21. yüzyıl, teknolojik gelişmelerin her geçen gün artarak devam ettiği ve tüm toplumların dijital dönüşüme ayak uydurmak için çaba sarf ettiği bir dönem olmuştur. Dördüncü Endüstriyel Devrim olarak adlandırılan kısaca “Endüstri 4.0” denilen bu dönemde, meydana gelen gelişmeler eğitim-öğretimde, endüstride, sosyal ve fen bilimlerinde hatta günlük hayatta birçok değişimi de beraberinde getirmiştir. Araştırmacılar “Endüstri 4.0” uygulamalarının toplumda meydana getireceği hızlı gelişim ve değişimlere dikkat çekmektedir. Dijital üretim teknolojileri, akıllı robotlar, bulut bilişim sistemleri, nesnelerin interneti, akıllı fabrikalar (esnek, hızlı ve verimli üretim), eklemeli imalat ve 3 boyutlu yazıcılar vb. teknolojiler, ürün ve sunulan hizmetin niteliklerini değiştirmiştir (Öztemel, 2018). Bu bağlamda alanyazında “Endüstri 4.0” dışında “Sağlık 4.0”, “Çevre 4.0”, “Su 4.0”, “Lojistik 4.0”, “Toplum 4.0” gibi kavramların (Öztemel, 2018) yanı sıra bunlara ek olarak “Endüstri 4.0”ın ihtiyaçlarını karşılayacak olan ve eğitim dünyasının dijital dönüşümünü ifade etmek için kullanılan bir kavram olan “Eğitim 4.0” karşımıza çıkmaktadır (Demir, 2018). Bu kodlamaya bakıldığında eğitimin 4 ana dönüşüm geçirdiği söylenebilir. Puncreobutr (2016), Wallner ve Wagner (2016), Demir (2018), Fisk (2020), Diwan (2020) gibi araştırmacılar bu konuya dikkat çekmiş, bu dönüşümü sırasıyla: Anlatım ve ezber odaklı (Eğitim 1.0), bilgisayar ve internet odaklı (Eğitim 2.0), bilgi üretim odaklı (Eğitim 3.0) ve son olarak inovasyon ve üretim odaklı (Eğitim 4.0) süreçler şeklinde ifade etmişlerdir.

“Eğitim 4.0” eğitim hayatının günlük hayattaki iş deneyimine benzemesini sağlamak adına çeşitli teknoloji ve araçlar kullanarak her ikisi için de benzer bir ortam oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle “Eğitim 4.0”, öğrencilerin öğrenme ortamları için mükemmel sonuçlar üretebilen daha gerçekçi ve pratik bir öğrenme yöntemidir (Sharma, 2019). Bu yöntemle öğrenciye özgün öğrenme ortamları oluşturulabilmekte, öğrenme materyalleri tasarlanabilmektedir. Sulaiman, vd., (2018) çalışmalarında, ilkokul öğrencilerine kendi hızlarına ve öğrenme düzeylerine göre kendi kendini yönlendiren öğrenmede yardımcı olacak özel bir eğitim aracına odaklanmışlardır. Bu bağlamda “Eğitim 4.0”ın eğitimin daha kişisel hale geldiği, öğrenci odaklı yeni bir sistem olduğu söylenebilir. Eğitimin kişisel hale gelmesi, öğretme-öğrenme sürecini de olumlu yönde etkileyebilir.

Araştırmalar, eğitim in daha kişisel hale gelmesiyle oğrenciye ait oğrenme çıktılarının olumlu yönde gelişebileceğini göstermiştir (bkz. Fok ve Ip, 2004; Jalali vd., 2013). “Eğitim 4.0” bu özelleştirilmiş çalışmayı mümkün kılmaktadır. Aslında “Eğitim 4.0”; akıllı okul yönetim sistemleri, oğrenme yönetim yazılımları, eklemeli imalat (3B yazdırma), dijital tasarım, iletişim araçları ve diğer oğretim ve oğrenme araçlarını kullanmaktadır. “Eğitim 4.0” ile kişiselleştirilmiş oğrenme anlayışı teşvik edilmekte ve oğrencilerin ilgi alanları doğrultusunda daha profesyonel ve akılda kalıcı materyallere ulaşmaları sağlanmaktadır. Genel olarak “Eğitim 4.0”, oğrencilerin gerçek bilimsel veya meslek ilgi alanlarına dayalı olarak daha iyi oğrenme ıktıları elde etmelerini sağlamaktadır (Sharma, 2019). Bu ıktıların oluşabilmesinde rol oynayan teknolojiadaki hızlı gelişimin, bireylerin bilgiye ulaşıp kullanmaları bakımından byk önem taşımakla beraber bilgiyi elde etme ve uygulama süreci bağlamında zaman kaybını neredeyse ortadan kaldırdığı söylenebilir. Teknolojik gelişimlerin eğitim-oğretim sürecinde etkin bir biçimde kullanılması, oğrenme-uygulama sürecindeki zaman kaybını önlemenin yanında matematikteki soyut temelli kavramların somutlaştırılarak oğrenmenin daha hızlı gerçekleşmesini sağlamaktadır. Aksu’ya (1985) göre sıkıcı, sevilmeyen, soyut vb. zellikler yüklenen matematik, teknolojiden en çok faydalanması gereken disiplindir. Matematik eğitiminde yeni teknolojilerin kullanılması, yaratıcılığı geliştirerek günlük yaşam problemleriyle baş edebilme becerilerini, oğrencilerin analitik ve kritik düşünme gibi etkili düşünme alışkanlıklarını geliştirmek gibi önemli faydası bulunmaktadır.

Günümüzde, gelişmiş ve gelişmekte olanlkeler geleneksel oğretim yöntemlerinin yanı sıra artık ağdaş ve modern oğretim yöntem ve tekniklerini, teknolojiyle de harmanlayarak oğrenme sürecinin her aşamasında kullanmaya çalışmaktadır.ülkemizde de son yıllarda teknolojinin eğitim in her alanında kullanılması yönünde yapılan çalışmalar artmakta ve uygulamaya geçilmektedir. Eğitim alanında uygulamaya konulan teknolojik her yenilik, bilginin ulaşılabilirliğini, oğrenilebilirliğini ve anlaşılabilirliğini kolaylaştırıp bu eğitim alanındaki seviyeyi daha yüksek düzeye ulaştırmaktadır. Hiç kuşkusuz bunda en önemli katkıyı sağlayacak olan da 3B yazıcı teknolojisi olacağı n görülmektedir (Işcan, 2018 :13). 3 boyutlu (3B) yazıcı teknolojisi, Eğitim 4.0 kavramının vazgeçilmez bir ögesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğitim in kişiselleştirilmesi, özgün oğrenme materyallerinin oluşturulması, oğrenme ortamlarının teknolojik gelişmelere göre yeniden düzenlenmesi ve

teknolojiye ayak uydurma bağlamında 3B yazıcıların eğitimde çok önemli görevleri vardır.

Ürünlerin, katmanlı olacak şekilde üst üste yığınlar halinde üç boyutlu çıktılarının alındığı araçlar (Berman, 2012) olarak tanımlanan ve nesnelere somutlaştırmada oldukça etkili olan üç boyutlu (3B) yazdırma teknolojisinin eğitim öğretim faaliyetlerindeki potansiyelini tespit etmeye dair pek çok çalışma yapılmıştır. Alanyazındaki çalışmalar, üç boyutlu (3B) yazdırma teknolojilerinin önümüzdeki süreçte yaygınlık kazanacağını ve bu alanda yürütülen çalışmaların gün geçtikçe artacağını ifade etmektedir (Johnson vd., 2014). 3B yazıcıların öğrenme ortamını zenginleştirmede, öğrencileri derse karşı güdülenmelerini artırmada, tartışma ortamı oluşturup etkili öğrenmeyi sağlamada, öğrencilerin akademik başarıları üzerinde etkili olacağı düşünülmektedir.

Problem Durumu

Toplumsal ilerlemenin gerçekleşebilmesi ve bunun en önemli faktörlerinden teknolojik gelişmelerin gerçekleştirilebilmesi için matematiği iyi anlayan ve kullanan bireylere ihtiyaç vardır. Matematiğin bu kadar hayatın içinde olması demek etkili bir şekilde öğretilmesi gerektiği sonucunu doğurmaktadır (Kaçar, 2019: 3). Bloom taksonomisi bilgiyi elde etmek için ilk olarak ezberleme, bilginin kavranması için tekrar ve son olarak da uygulama aşamalarını sunmaktadır. Ancak matematiksel öğrenme bu şekilde gerçekleşmemektedir. Yeni yaklaşımlar da göstermektedir ki, öğrenci matematiksel bilgiyi yaparak yaşayarak daha derin bir kavramsallaştırmayla öğrenmektedir (Olkun ve Toluk Uçar, 2014: 5). Günümüzde bu yeni yaklaşımların aksine özellikle ilkökul çağında öğrencilere bazı kavramların öğretilmesinde öğrencinin yaparak yaşayarak öğrenmesi gereken kesir gibi kavramların salt teorik bilgiyle geleneksel öğretim yöntemleri kullanılarak verilmeye çalışılması somut dönemden soyut döneme tam olarak geçememiş olan ilkökul öğrencilerinin bazı soyut kavramları zihinlerinde canlandıramamalarına ve kavram yanlışlarına sebebiyet vermektedir.

Kesirler, tüm sınıf seviyesindeki ilkökul öğrencileri için anlaşılması en zor soyut kavramlardan biri olarak kabul edilmektedir. Şimdiye kadar ne yeni öğretim biçimleri ne de kesirlerin aritmetiğine yönelik yeni yaklaşımlar bunu değiştirememiştir (Hasemann, 1981; Aksu, 1997; Davis, 2003; Charalambous ve Pinta-pantazi, 2005). Hasemann'e (1981) göre, bunun en önemli nedenleri şu şekilde sıralanmıştır:

- Kesirlerin yazılı şekli nispeten karmaşıktır.
- Kesirleri sayı doğrusunda büyüklük sırasına koymak kolay değildir.
- Kesirlerin aritmetiği için birçok kural vardır ve bunlar doğal sayılara göre daha karmaşıktır.

Tüm bu sebeplerin yanında kesir kavramının öğrenilmesi ve öğretilmesinde karşılaşılan güçlükleri ele alan birçok araştırmanın (bkz. Hasemann, 1981; Pesen, 2008; Gabriel vd., 2013; Gökkurt vd., 2015) varlığı bu çalışmada “Kesirler” konusunun seçilmesinde etkili olmuştur. Bu doğrultuda öğretilmesi ve öğrenilmesi zor olarak kabul gören kesir kavramının öğrencilerin zihninde doğru oluşabilmesi için kesirlerle ilgili ezber teorik bilgilerin verilmesi yerine gerçek yaşam durumları ve somut materyaller kullanılarak etkili bir şekilde verilmesi hedeflenmiştir.

Gabriel vd. (2013) yaptıkları çalışmada öğrencilerin, kesirlerle ilgili gerekli kavramsal bilgileri öğrenmeden önce kesirlerin özelliklerini anlamaları için somut nesnelere daha fazla yararlanılabileceğini önermişlerdir. Yeterince somut materyallerden (üç boyutlu somut modellerden) yararlandıktan sonra, öğrenmenin somuttan soyuta gerçekleşmesi ilkesi gereğince; etkinlikler kullanılarak geometrik şekiller üzerinde kesirlerin görselleştirilerek anlatılabileceği ifade edilmektedir (Yenilmez ve Ev Çimen, 2019). Milli Eğitim Bakanlığı’nın 2018 yılında yayınlamış olduğu Matematik Dersi Öğretim Programı’nda kavramlarla ilgili olarak; *“Yeni kavramların öğretiminde ve yapılacak olan değerlendirmelerde mümkün olduğu ölçüde somut materyaller kullanılmalıdır. Sayı kartları, onluk bloklar, kesir takımları, basit günlük materyallerden elde edilecek çeşitli modeller vb. bu materyallere örnek olarak gösterilebilir.”* (MEB, 2018) şeklindeki ifade yapılan bu tez çalışmasındaki konu seçiminde etkili olmuştur.

Özellikle ilkokulda doğal sayıların öğretiminden sonra kesirlerin öğretimine başlandığında öğrencilerin kesir kavramını öğrenmelerinde güçlükler artmaktadır. Bu güçlüğü yenmenin bir yolu, kesirler konusunun öğretimine geçmeden önce, öğretmenlerin tüm öğrencileri günlük yaşamda kesirlerle nasıl karşılaşacağını ve onları nasıl kullanılacağını göstermesidir (Orhun, 2007). Bunun yanında kesirlerin görselleştirilmesi öğrenme sürecinde öğrencilere kazandırılacak önemli bir etkinliktir. Diğer taraftan görselleştirmenin bir boyutu olan uzamsal görselleştirme, matematikte soyut kavramları

somutlaştırarak kalıcı öğrenmeyi sağlamak için geliştirilmesi gereken bir beceri olarak karşımıza çıkmaktadır. Uzamsal görselleştirme, bir nesneyi zihnimizde 3 boyutlu bir şekilde manipüle etme ve nesnenin yeni bir bakış açısından temsilini yaratma yeteneğidir (Strong ve Smith, 2001). Üç boyutlu yazıcılar ve üç boyutlu tasarım araçları öğrencinin konuya uygun materyaller tasarlayabilme yetisine sahip olmasının yanından uzamsal görselleştirme becerisinin de gelişmesine yardımcı olur (Huang ve Lin, 2017). Çünkü üç boyutlu materyal tasarlamak, geliştirmek, öğrenciyi düşünmeye teşvik edip konuya uygun özgün materyaller üretmelerini, derse karşı motivasyonlarının gelişmesini ve eleştirel düşünme becerilerinin gelişimini sağlamaktadır (Huleihil, 2017). Öğretmenlerin derslerde hazır olarak kullanabilecekleri materyaller sınırlı sayıdadır ve belli kalıpları vardır. Ancak üç boyutlu yazıcılarla üretilen materyallerde böyle bir sınır olmamakla birlikte, materyal sayısı hayal gücünün kuvvetine bağlı olarak sınırsızdır denilebilir (Horejsi, 2014). Bazı araştırmacıların, hızla gelişen bilgi çağında uzamsal becerilerin STEM yeteneğini geliştirmeye yönelik önemli bir fırsat olduğu (Lubinski, 2010) düşüncesi göz önünde bulundurulduğunda 3 Boyutlu yazıcılarla üretilen materyallerin derslerde kullanımının bilgiyi yaparak yaşayarak daha derin bir kavramsallaştırmayla öğreten yeni bir yaklaşım olduğu söylenebilir.

Bu yeni yaklaşımların tamamını harmanlayan bir eğitim sistemi olarak karşımıza çıkan “Eğitim 4.0” (Demir, 2018) için özellikle 3B yazıcı çok önemli bir yer kaplamaktadır ve matematik öğretiminde ileriki yıllarda çokça kullanılacak bir araç olmaya aday konumdadır. Umay (1996)’ya göre matematik öğretimine erken yaşlarda işlemler ve somut deneyimlerden başlanıyor olsa da matematik soyut düşünmeye özgüdür. O halde soyut düşünmeyi de destekleyen 3B baskının matematik öğretimindeki önemi yadsınamazdır. Buehler vd. (2015), 3B baskıyı öğrencilerin problem çözme ve soyut düşünmeyi destekleyen ve öğrencilerin gerçek dünya sorunlarını tanımlamasına ve çözmesine yardımcı olan bir araç olarak tanımlamaktadır. Bu bağlamda öğrencinin kendisinin de üretime katılabileceği 3B yazıcılar kullanılarak hazırlanan etkinliklerin matematik öğrenmeyi doğrudan etkileyebileceği söylenebilir. Özsoy (2019) çalışmasında, öğrenci görüşlerinden yola çıkarak derslerde 3B yazıcıların kullanımının üç boyutlu düşünme becerilerini olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Üç boyutlu düşünme becerisi, matematik dersinde öğrencilerin akademik başarısını etkileyebileceği düşünülmektedir.

Bu doğrultuda bu tez çalışması; üç boyutlu yazıcılar yardımıyla hazırlanan etkinliklerle desteklenmiş 5E öğrenme halkası modeline uygun öğretimin öğrencilerin matematik dersi akademik başarılarına etkisinin olup olmadığını belirlemek üzere tasarlanmış ve araştırmanın problem cümlesi ve alt problemleri aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

Araştırmanın Problem Cümlesi

Bu araştırmanın problem cümlesi, “3B yazıcıların kullanıldığı etkinliklerle desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun öğretimin uygulandığı deney grubu öğrencileri ile 5E öğrenme halkası modeline uygun öğretimin uygulandığı kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersindeki akademik başarılarında anlamlı bir farklılık var mıdır? şeklinde ifade edilmiştir. Bu probleme ilişkin alt problemler de aşağıdaki biçimde belirlenmiştir.

Araştırmanın Alt Problemleri

1. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öntest puanları kontrol edildiğinde sontest puanları arasında anlamlı farklılık var mıdır?
2. Deney grubu öğrencilerinin etkinlikler sonrası günlük değerlendirmeleri nasıldır?
3. Deney grubu öğrencilerinin üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile geliştirilen etkinlikler ve ders içeriği hakkındaki görüşleri nelerdir?

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, dördüncü sınıf kesirler ünitesinin öğretiminde üç boyutlu yazıcıların kullanıldığı etkinliklerle desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun öğretimin öğrencilerin matematik dersindeki akademik başarılarına etkisini ve öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle geliştirilen etkinlikler ve ders içeriği ile ilgili görüşlerini incelemektir.

Araştırmanın Önemi

Her bir eğitim süreci elde edilen çıktılar bağlamında bir üretim, bir geliştirme sürecidir. Bu süreç içerisinde, eğitim programlarının hedefleri ve amaçları doğrultusunda öğrenciye kazandırılması beklenen değerler, yetkinlikler ve beceriler bulunmaktadır. Milli Eğitim Bakanlığı'nın 2018 yılında hazırlamış olduğu matematik dersi öğretim programının

“Yetkinlikler” başlığı altında, “Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler” (MEB, 2018) şeklinde bir alt başlık bulunmaktadır. Söz konusu başlık altındaki açıklamada matematiksel yetkinliğin bilim ve teknoloji yetkinliği ile beraber ele alınması, matematiksel düşünmenin bilim ve teknoloji ile iç içe geçtiğinin sağlam bir kanıtı olmak adına son derece önemlidir. Aynı başlık altında bir alt başlık ise “Dijital Yetkinlikler” olarak ele alınmıştır. Bu başlık bilgi iletişim teknolojilerinin, günlük hayat için güvenli şekilde kullanılması becerisini içermektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin bu dijital yetkinliklerini kazanabilmeleri için günümüz öğrenme ortamlarının, teknolojiye entegre olması gerektiği sonucuna varılabilir.

Araştırmacılar, öğrenci merkezli ve teknolojiye entegre öğrenme ortamlarının; eleştirel düşünebilen, sorunları çözen, başkalarıyla işbirliği yapabilen ve öğrenme sürecine derinlemesine giren öğrenciler yetiştirmeye yardımcı olduğunu belirtmektedirler (Kwon, 2017). Teknolojiye entegre öğrenme ortamlarında kullanılan bir ürün olan 3B yazıcılar, öğrenme materyallerinin üretiminde öğrencilere kolaylık sağlamanın yanında öğrenci merkezli etkinlikleri çeşitlendirip bilgi ve becerilerine katkı sağlamak için de kullanılabilirler. Örneğin, proje ve problem tabanlı öğrenme etkinliklerinde 3B yazıcılar kullanılabilir ve öğrenenlere farklı çözümler için bakış açısı kazandırmada etkili olabilir (Kuzu Demir vd., 2016). Bu bağlamda, teknolojinin etkisini anlamak ve teknolojiyi sınıfa entegre etmenin en iyi yollarını bulmak çok önemlidir.

Günümüz eğitim sistemi; 21. yy becerilerinden matematik okuryazarlığı, eleştirel düşünme ve problem çözme, yaratıcılık ve yenilikçilik, teknoloji okuryazarlığı gibi becerilerin kazandırılmasını amaç edinmiştir. Bu amaç doğrultusunda eğitim sürecinin her aşamasında teknolojiyi verimli bir şekilde kullanmak gerekmektedir. Teknolojinin son ürünlerinden biri olan 3B yazıcıların maliyetlerinin düşmesi sonucunda, endüstriyel kullanımın yanında eğitimde de kullanılmaya başlandığı görülmektedir. 3B yazıcıların eğitimde kullanımının, bilgiyi soyut olarak aktarmanın yanında elle tutulur üç boyutlu modeller geliştirerek öğrenme deneyimlerini artırarak matematik öğrenme sürecine önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Karaduman, 2018). Ayrıca öğrencilerin bu materyallerin tasarımını kendilerinin yapması da onların yaratıcılıklarını destekleyen, problem çözme becerilerine katkı sağlayan, eleştirel düşünebilen öğrenciler yetiştirmek adına matematik eğitimi açısından önemli bir kazanım olabilir.

3B yazıcı (3B baskı) teknolojisinin endüstri ve eğitimdeki geniş ve derin etkisi, öğrencilerin bağımsız 3B modelleme yeteneklerini geliştirme ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Bu boyutuyla bakıldığında 3B yazıcılar öğrencilerin uzamsal becerilerinin de gelişimine katkı sağlayan bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Huang ve Lin, 2017). Uzamsal beceri hakkında farklı görüşler mevcuttur. Ancak genel olarak görsel figürlerin zihinde oluşturduğu imgelem, bunun zihinde oluşturduğu algı ve figürlerin hareketlerini hayal etme olarak tanımlanabilir (Linn ve Petersen, 1985). Üretim merkezli birey yetişmesinde önemli bir yere sahip olan uzamsal becerinin, kazandırılması ve geliştirilmesinin gerekli bir beceri olduğu ve böylelikle bireylerin gerçek yaşam problemleriyle karşılaştıklarında onları daha kolay algılayıp pratik ve bilimsel çözümler üretebileceği düşünülebilir (Atasoy vd., 2019). Ayrıca alanyazında geleneksel öğretim materyalleri yerine çağdaş öğretim materyallerinin kullanımının öğrenci akademik başarılarının olumlu yönde etkileyebileceği ve kavram yanlışlarını da giderebileceği sonucuna ulaşan birçok araştırma mevcuttur (Kahraman ve Demir, 2011; Yıldız ve Tüzün, 2011; Şahin, 2015; Yılmaz ve Algil, 2018).

Matematik eğitiminde kesirleri anlama, dersin müfredatında geliştirilmesi gereken en önemli becerilerden biridir. Cebir, geometri ve matematiğin diğer yönlerini anlamak için gereklidir. Yine de, dünyadaki çoğu öğrenci için kesirleri anlamanın çok zor olduğu ve kavramsal yanlışlara düştükleri ile ilgili birçok araştırma mevcuttur (bkz. Mitchell ve Horne, 2008; Pesen, 2008; Fazio ve Siegler, 2011; Işık ve Kar 2012; Pantziara ve Philippou, 2012; Altıparmak ve Özüdoğru 2015). Araştırmada kesirler konusunun seçilmesinde etkili olan öğrencilerin yaşadıkları bu zorluklar genellikle kavramsal anlama eksikliğinden kaynaklanır. Birçok öğrenci kesirleri anlamsız semboller olarak görür veya pay ve paydayı birleşik bir bütünden ziyade ayrı sayılar olarak görür (Fazio ve Siegler, 2011). Dolayısıyla kesirler konusunun iyi anlaşılabilmesi için eldeki öğretim, teknik ve stratejiler dışında farklı bir tekniğe ihtiyaç olduğu düşünülebilir. Bu bağlamda uzamsal görselleştirme olarak adlandırılan üç boyutlu görselleştirme kullanılarak nesnelere tasarlayıp bunları elle tutulur materyaller haline getirmek üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla olabilecektir. Dolayısıyla kesirler konusunun öğretiminde üç boyutlu yazıcıların etkililiğinin araştırılıp elde edilen sonuçlara göre eğitim alanındaki kullanımının daha çok artması bakımından alan yazına önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca

alanyazında üç boyutlu yazıcılarla ilgili yapılan çalışmalardan hiçbiri ilkokul 4. Sınıf düzeyinde olmaması da araştırmada bu sınıf düzeyinin seçilmesinde önemli bir etken olmuştur.

Sonuç olarak, 3B yazıcıların eğitimde, özellikle kendine özgü bir ders olan matematik dersi eğitiminde kullanımının, 21. yy becerilerini kazanmış, çağa ayak uydurabilen, üretici, problem çözme becerisi yüksek, yenilikçi düşünebilen, işbirlikçi bireyler yetiştirmek adına önemli bir yer tuttuğu söylenebilir. Bu nedenler doğrultusunda üç boyutlu yazıcıların ilkokul 4. Sınıf matematik dersinde kesirler konusunun öğretimi sürecinde kullanımının öğrencilerin akademik başarılarını ne yönde değiştirdiğinin araştırılması gereği duyulmuştur. Bu tez çalışmasının bu konuda ülkemizde var olan araştırma eksikliğini gidermeye ve alan yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma;

- 2019-2020 eğitim-öğretim yılı birinci yarıyılında Afyonkarahisar il merkezinde bulunan bir ilkokulun dördüncü sınıfta öğrenim gören iki şubedeki toplam 38 öğrencisi ile sınırlıdır.
- Dördüncü sınıf matematik dersi Kesirler ünitesindeki kazanımlar ile sınırlıdır.
- Çalışma grubunda yer alan öğrencilere uygulanan Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi verileriyle sınırlıdır.
- Katılımcı öğrencilerle gerçekleştirilen yapılandırılmış görüşme formu ile sınırlıdır.

Sayıtlar

Bu araştırmada;

- 38 öğrenciden oluşan çalışma grubunun benzer gruplarda evreni temsil ettiği varsayılmıştır.
- Çalışma grubu öğrencilerinin ölçme ve değerlendirme araçlarına içtenlikle ve yansız olarak akademik başarılarını yansıtacak şekilde cevap verdikleri varsayılmıştır.
- Ön bilgi düzeyleri aynı olan deney ve kontrol grubu öğrencilerinin diğer değişkenlerden etkilenmeyip, sadece araştırma uygulamalarından etkilendiği varsayılmıştır.

Tanımlar

Eğitim 4.0: Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) uygulamalarının yaygın olarak kullanımının derin değişiklikler yaptığını işaret etmek için kullanılan eğitim alanındaki dijital dönüşüm (Wallner ve Wagner, 2016; Öztemel, 2018).

3B Baskı (3 Boyutlu Baskı): 3B baskı, bir bilgisayarda modellenen bir şekli kopyalamak için ardışık malzeme katmanlarını "baskı yaparak" katı nesnelere oluşturan mekanik bir süreç (Whitaker, 2014).

Filament: 3B baskıda inşa hammaddesi olarak kullanılan termoplastik malzeme (Özsoy ve Duman, 2017).

STL Dosyası (Standard Tessellation Language): Türkçesi Standart Mozaikleme Dili olarak geçen, 3B baskı yazılımlarının kullanmış olduğu standart dosya formatı (Duman ve Kayacan, 2016).

İnovasyon: Latince "innovatus" kelimesinden türetilmiştir. Sosyo-kültürel ve idari ortamlarda yeni yöntemlerin kullanılması anlamına gelir (Bulut ve Arbak, 2012).

Elastomer: Çekilince uzayan, çekme mukavemeti yüksek, çabucak eski boyutuna dönebilen, kauçuk benzeri polimer maddelerin genel adı ("Elastik polimer" teriminin kısaltılmış şekli) (TDK, 2007).

Ekstrüzyon: Sıvı veya hamur halindeki bir maddeyi ince bir delikten uygun bir ortama iterek tel veya iplik haline sokma işlemi (TDK, 2007).

CAD: Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design). Zihinde canlandırılan parçaların bilgisayar ortamında üç ya da iki boyutta tasarlanıp modellenmesi ve bu parçaların teknik çizimlerinin yapılması işlemi (Erdinler, 2005).

BİRİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

1. EĞİTİM 4.0 VE 3 BOYUTLU YAZICILAR

1.1. EĞİTİM 4.0

4.0 kodu ilk olarak, imalat sanayisinde Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) uygulamalarının yaygın olarak kullanımının derin değişiklikler yaptığına işaret etmek için Endüstri 4.0 teriminin kullanımıyla karşımıza çıkmıştır. Daha sonra dünya genelinde hızlı değişikliklerden etkilenen Sağlık 4.0, Toplum 4.0 gibi farklı farklı alanlara da uyarlanmıştır (Wallner ve Wagner, 2016). Diğer alanlarda olduğu gibi eğitim dünyasındaki dijital dönüşümü ifade etmek için ise Eğitim 4.0 kavramı karşımıza çıkmaktadır (Öztemel, 2018). Genel olarak Eğitim 4.0, eğitimde akıllı düşünmeyi teşvik eden bir modeldir. Eğitim 4.0, esasında teknoloji tabanlı araçlar ve kaynaklar kullanarak eğitimi teknolojik yenilikler bakımından teşvik eder (Sharma, 2019). Öğrenen odaklı yeniliklerden yola çıkan bu çağ, hem öğrenenlere hem de öğretmenlere, yenilikçi ve rekabetçi olmak için değişikliklere ayak uydurmak gibi yeni sorumluluklar getirmektedir. Diğer bir ifadeyle bu dönüşümün eğitim sistemlerinde de inovasyonun ön plana çıkmaya başlamasına sebep olduğu söylenebilir. Gelecekte inovasyona önem veren eğitim kurumlarının başarılı olacağını söylemek yanlış olmaz (Göker, 2017). Bu bağlamda Eğitim 4.0'ın başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için inovatif düşünme ve üretme becerisi başta olmak üzere aşağıdaki başlıkta ele alınan becerilerin de bireylere kazandırılması gerekmektedir.

1.1.1. Eğitim 4.0 İçin Gerekli Olan Beceriler

Eğitim 4.0'ın gerçekleşebilmesi için bireyin yaşam becerileri veya yenilikçi beceriler içinde yer alan liderlik, işbirlikçilik, dijital okuryazarlık, girişimcilik, küresel vatandaşlık, yaratıcılık, etkili iletişim, duygusal zekâ, problem çözme ve ekip çalışması gibi birçok 21. yüzyıl becerilerine sahip olması gerektiği ifade edilmektedir. Aynı zamanda bireyin akıllı toplum kurma amacıyla eleştirel düşünme, yaratıcılık ve yenilikçilik, kültürlerarası anlayış, medya okuryazarlığı, kariyer ve öğrenme becerileri gibi becerilere de sahip olması gerektiği vurgulanmaktadır (Puncreobutr, 2016). Bu becerilerden en öncelikli olanı problem çözme becerisidir. Çünkü bireyin bir problemi çözmeye başlaması

demek; yaratıcılık, eleştirel düşünme ve işbirlikçi çalışma becerilerini de harekete geçirmesi demektir. Eskiden kalma klasik eğitim anlayışı ile de bu becerilerin çocuklara kazandırılması olası görünmemektedir (Akgündüz vd., 2015).

Eğitim 4.0, bireyleri yaratıcı ve yenilikçi birey olmaya hazırlamak için yeni bir öğrenme yönetimi inşa etmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenledir ki geleceğimizin mimarı olan gençler için gerekli olan beceri, yaşam becerileri ve inovasyon yaratma becerilerini de kapsamaktadır (Puncreobutr, 2016). Bu kapsamda, ülkemiz eğitim sisteminde ulaşılacak istenen hedef kazanımların edinilmesinde, üniversitelerin tamamında eğitim kalitesini arttırma, teknoloji ile bütünleştirilmiş öğretmen adayları yetiştirip onlarla inovatif ürünler meydana getirme, teknoloji okuryazarlığı geliştirme gibi konularda eğitim araştırmalarına odaklanma zorunluluğu bulunacaktır (Öztemel, 2018). 3 Boyutlu yazıcılar bu zorunluluğun bir yansıması olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR (3B YAZICILAR)

3 Boyutlu yazdırma veya 3B baskı, inovasyon ve yaratıcı endüstrinin temel kelimesidir. Ancak tam olarak ne olduğu genel olarak belirsizliğini korumaktadır. “Eklemeli üretim (additive manufacturing)”, “masaüstü üretim (desktop producing)”, “hızlı prototipleme (rapid prototyping)”, “dijital imalat (digital fabrication)” gibi farklı isimlerle de anılmaktadır (Junte, 2017). 3B baskı, dijital modelden fiziksel bir nesne yaratma pratiğidir. Daha açık bir ifadeyle, bir bilgisayarda modellenen bir şekli kopyalamak için ardışık malzeme katmanlarını "baskı yaparak" katı nesnelere oluşturan mekanik bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Whitaker, 2014; Olla, 2015). Diğer bir ifadeyle 3B yazıcılar bilgisayar yazılımları yardımıyla dijital ortamda hazırlanan nesnelere, çeşitli bilgisayar yazılımlarıyla somut olarak 3B çıktılarının alınmasına olanak sağlayan son teknolojik ürünler olarak tanımlanabilir. 3B yazıcılar ile ilgili alan yazında farklı şekillerde tanımlamalar olsa da genel olarak benzer noktalara değinildiği görülmektedir (Yıldırım, 2018). Mertz (2013), mürekkep damlacıklarını kâğıda yayıp yazılar ile resimlerin oluşmasını sağlayan bir mürekkep püskürtmeli yazıcı gibi, çok çeşitli malzemeleri (plastik, metal, seramik vb.) kullanarak katman katman yığınlar halinde 3B nesnelere oluşturma olarak tanımlamıştır. Berman (2012) ise nesne üretiminde kullanılan malzemenin eritilip sıvı reçine haline getirildikten sonra bu tabakayı dağıtan ve her bir tabakayı belirtilen kesit

düzeninde sertleştirmek için bilgisayar kontrollü bir ultraviyole lazer kullanan bir araç olarak tanımlanmaktadır. Tanımlardan da anlaşılacağı gibi, 3B yazıcılar için kullanılacak birçok hammadde olduğu, oluşturulacak nesnelere en alt tabakadan başlanarak yığınlar halinde üst üste eklenerek meydana getirildiği görülmektedir. Eklemeli imalat isminin bu tanımlardan geldiği söylenebilir. Teknolojik gelişmelerle beraber 3B yazıcıların geçmişten bugüne çok hızlı bir ilerleme kaydettiği söylenebilir. Bu gelişimin hızını anlayabilmek için 3B yazıcıların tarihsel süreçteki ilk icat edilme tarihinden bu güne kadar geçen süreyi ele almakta fayda vardır.

1.2.1. 3B Yazıcıların Tarihsel Gelişimi

Pek çok kaynakta 3B yazıcının mucidi olarak gösterilen Charles (Chuck) Hull, 1984 yılında bir lazeri kontrol etmek için robotik bir mekanizma kullanan ilk 3B yazıcıyı geliştirdi ve sonra kendisinin kurduğu ve merkezi ABD olan 3B Systems şirketi tarafından yaklaşık beş yıl sonra ticarileştirildi. Stereolitografi (SLA) olarak adlandırılan bu teknik, günümüzde hala çok fazla kullanılmaktadır (Horvath ve Cameron, 2015; Wohler ve Gornet, 2016). 1990'larda - Wake Forest Rejeneratif Tıp Enstitüsü, 3B yazıcı teknolojisini 3B iskelet basmak için kullanmıştır (Prince, 2014). 1993 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT), 2B Yazıcılarda kullanılan mürekkep püskürtmeli teknolojiye benzeyen "3 Boyutlu Baskı teknikleri" adlı başka bir teknolojinin patentini aldı. İlk 3B Yazıcı 1998'de piyasaya sürüldü. İlk 3B renkli yazıcı 2000 yılında piyasaya sürüldü. 2005 yılında Yüksek çözünürlüklü 3B Baskı piyasaya sürüldü (Pandharpatte ve Ruikar, 2019). Ayrıca bu süreçteki amaç, geometrik olarak karışık olan nesnelere, geleneksel imalat teknikleri ile imalat olasılığı olmayan parçaları imal edip, imal edilemez ürün kısıtlamasını ortadan kaldırmaktır. Alan yazın incelendiğinde son zamanlarda bu konu ile ilgili çalışmalara önem verildiği görülmektedir (Giannatsis ve Dedoussis, 2009; Özsoy, 2019).

Replicating Rapid Prototyper (RepRap) ismiyle anılan ve 2006 yılında başlayan proje, 3B yazıcıların bireysel kullanımının artırılmasında stratejik bir rol oynamıştır. Parçalarının % 50'sini üretebilen RepRap 3B yazıcılar, diğer parçaların ucuz olarak sunulacak şekilde tasarlanmasıyla ön plana çıkmaktadır (RepRap, 2014). Ayrıca, diğer açık kaynak geliştirme projeleri yürüten, 3B tasarımları paylaşan veya başkalarının isteklerini basan ve teslim eden bazı 3B baskı toplulukları oluşup yayılmaya başlamıştır. Şimdilerde,

herkesin kullanabileceği profesyonel olmayan daha uygun fiyatlı birçok 3B yazıcı yer almaktadır ve bunlar her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır (Karagöl, 2015). Kişisel kullanım için üretilmiş bir yazıcı örneği Şekil 1’de verilmiştir.

Şekil 1. Kişisel Kullanım İçin Üretilmiş Bir Yazıcı



Kaynak: <https://www.makerbot.com/>

Şekil 1’de kişisel kullanım için üretilmiş bir 3B yazıcı bulunmaktadır. 3B yazıcılarda kullanılan birçok teknoloji mevcuttur. Bu teknolojilerin çeşitliliği, nesnelerin farklı alanlarda kullanıma sunulabilirliğini artırmaktadır.

1.2.2.3B Baskı Teknolojileri

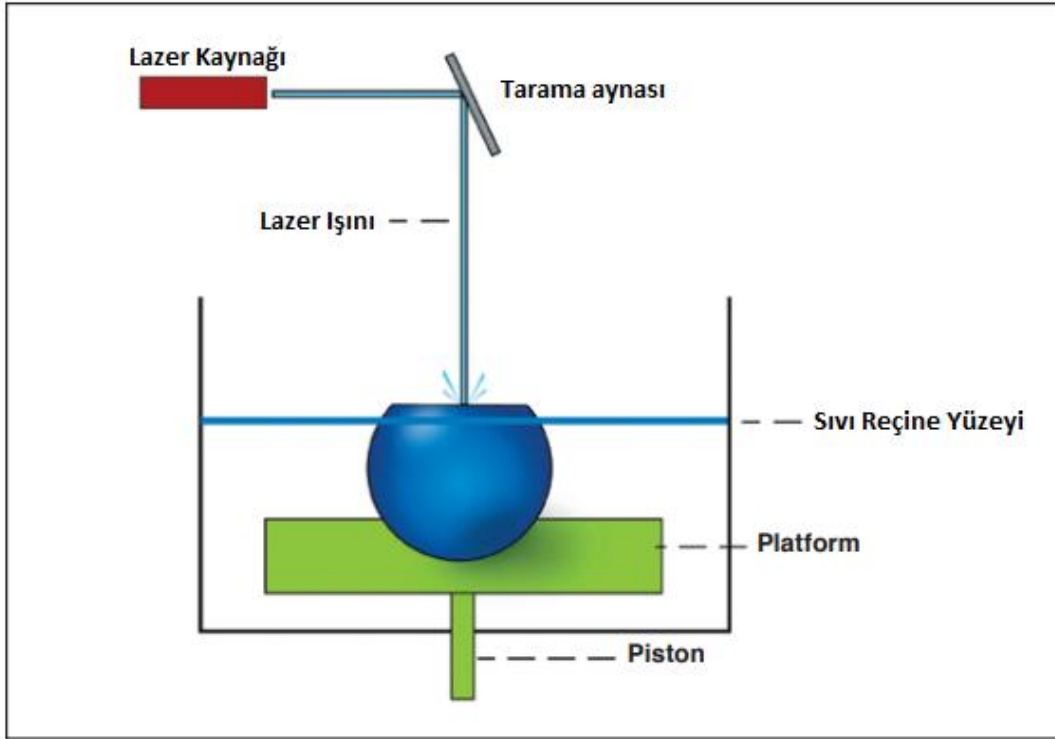
Mevcut 3B yazıcılar dört temel baskı teknolojisi olan stereolitografi (SLA), seçici lazer sinterleme (SLS), kaynaşmış biriktirme modellemesi (FDM) ve çok jetli modellemeyi (MJM) içermektedir (Olla, 2015).

1.2.2.1. Stereolitografi (SLA)

Stereolitografi (SLA); stereolitograf aparatı adı verilen makine tarafından, sıvı plastiklerin UV lazerle katı maddelere dönüştürülmesi işlemidir. Bu teknik, Hull tarafından 1984 yılında geliştirilen en eski 3B baskı teknolojisidir. Sahibi ve kurucusu olduğu 3D Systems hala SLA yazıcılarının en büyük üreticisi olmasına rağmen, şu anda başka birçok model de mevcuttur (Pandey, 2014). Tüm 3B yazıcıların çalışma prensibi benzerdir, çünkü bu baskı teknolojisi bir nesnenin dijital bir modeli olan üç boyutlu bir tasarıma (örn.

Tinkercad) ihtiyaç duyar. Ardından, tasarlanan bu model yazıcı tarafından okunabilir forma yani Standart Mozaikleme Dili (STL) adı verilen dosya sistemine dönüştürülür. Bir SLA yazıcının oluşturma tepsisi, yoğunlaştırılmış bir ultraviyole lazer ışığı ile sıvı bir reçineye daldırılır. Lazer, her katmanı oluşturmak için nesnenin bir kesitini çizer (Groth vd., 2014). Tabaka kürlendikten sonra, tabla katman kalınlığına eşit bir mesafeye inerek kürlenmemiş reçinenin bir önceki katmanı kaplamasına izin verir. Bu işlem yazdırılan nesne şekillenirken yüzlerce kez tekrarlanır (Ma, 2013). Lazer ışınları basılan nesnenin her bir katmanını çizer ve fotopolimerleri sertleştirir. SLA yazıcılar genellikle diğerlerinden daha yavaştır çünkü lazer bir seferde yalnızca küçük bir alanı tarayabilir (Ma, 2013; Groth vd., 2014; Pandey, 2014). Stereolitografi (SLA) yazıcıların şematik bir görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.

Şekil 2. Stereolitografi (Stereolithography-SLA) Yazıcı Şematik Görüntüsü



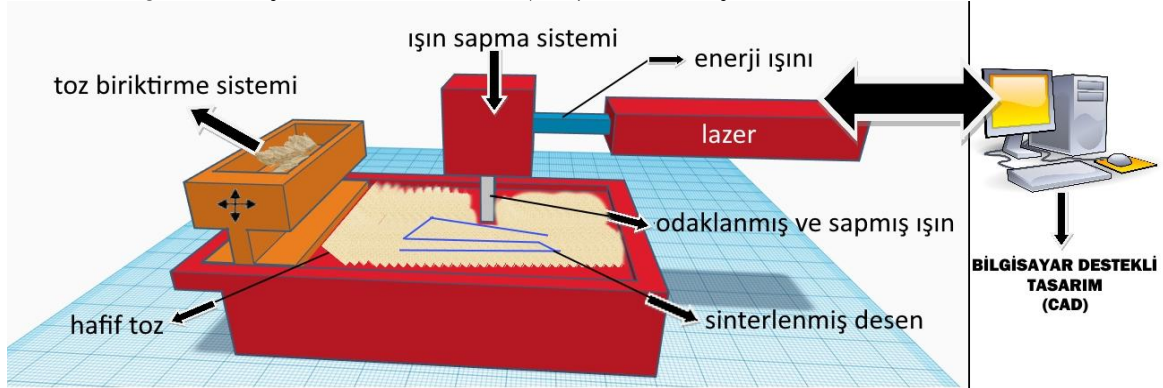
Kaynak: Groth vd., 2014.

Şekil 2’de SLA yazıcının temel bileşenleri gösterilmiştir. SLA 3B baskı, inovasyonu destekler ve hızlandırır. Bu teknoloji günümüzde mühendislik, imalat, diş hekimliği, sağlık, eğitim, eğlence, kuyumculuk, odyoloji ve daha birçok sektörde kullanılmaktadır (Formlabs, 2020).

1.2.2.2. Seçici Lazer Sinterleme (SLS)

Seçici lazer sinterleme (SLS), en hızlı büyüyen hızlı prototipleme tekniklerinden biridir. Bu, esas olarak hemen hemen her malzemeyi işlemeye uygunluğundan kaynaklanmaktadır. Bu malzemeleri polimerler, metaller, seramikler (döküm kumu dâhil) ve birçok kompozit türü şeklinde sıralamak mümkündür (Kruth vd., 2003). Yaygın olarak kullanılan en esnek ve en pahalı 3 boyutlu baskı tipi seçici lazer sinterleme (SLS), gevşek bir substratı katılaştırmak için lazer kullanması nedeniyle stereolitografiye benzer. Ancak SLS'de baskı substratı bir tozdur ve UV yerine yüksek enerjili lazerler kullanılır. 1980'lerde Austin'deki Texas Üniversitesi'nde Carl Dekard tarafından icat edilen bu yöntem, örneğin lazer tozunu toz haline getirilmiş polistiren, seramik, cam, naylon, çelik, titanyum, alüminyum veya gümüş üzerine odaklar. Işın ona geldiğinde toz katmanlar halinde birleştirilir (sinterlenir). Böylece baskılar, tam olarak diğer baskı teknolojilerinde olduğu gibi katman katman olarak tamamlanır, ancak son ürün lazerler tarafından çizilen, kaynaşmamış tozun tamamında kapsanan sağlam bir nesnedir. Bu yöntemin bir yararı, yazdırılmamış yapıya destek sağlayan ve diğer projeler için tekrar kullanılabilen, bozulmamış tozun olduğu gibi kalmasıdır. Ayrıca bu yöntem söz konusu baskı için tam destek sağlar, böylece akla gelebilecek her geometrik nesne SLS baskı kullanılarak yapılabilir (Pham ve Dimov, 2012; Griffey, 2014; Prince, 2014). Seçici Lazer Sinterleme (SLS) sürecinin şematik genel görünümü Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. Seçici Lazer Sinterleme (SLS) Sürecinin Şematik Genel Görünümü



Kaynak: Kruth vd., 2003.

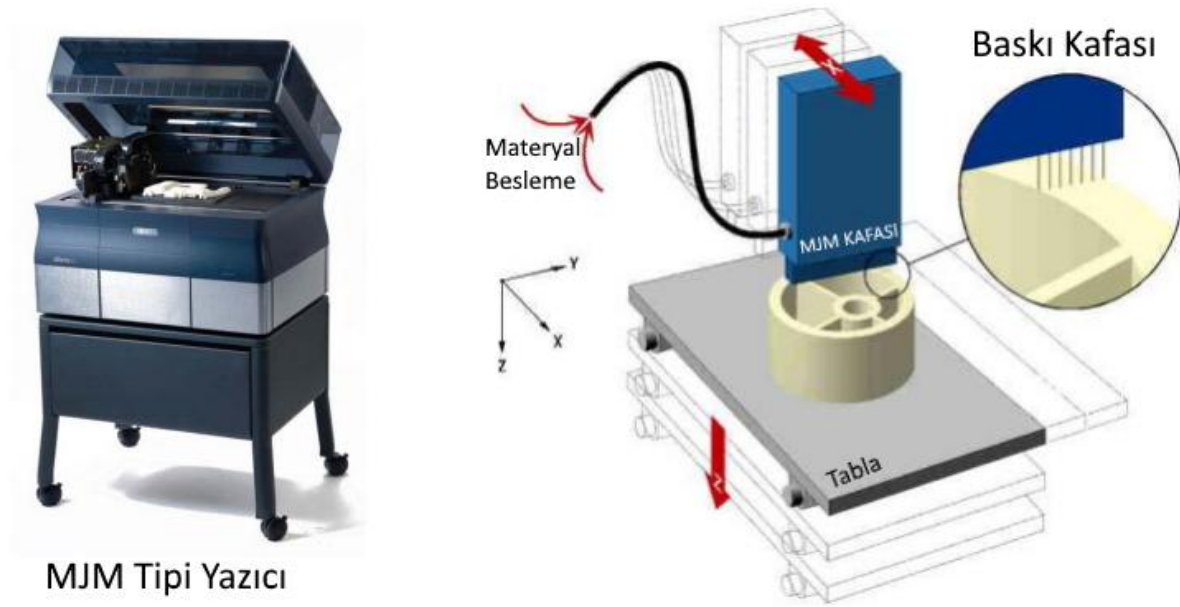
Şekil 3'te Seçici Lazer Sinterleme (SLS) sürecinin şematik genel görünümü verilmiştir. Bu yazıcılar ile seramik, cam, naylon, çelik, titanyum, gümüş, alüminyum, polyamit gibi türlü malzemeler, toz haline getirilerek üretim yapılabilir. SLS

teknolojisi maliyeti yüksek olduğundan FDM ve SLA gibi teknolojiler kadar yaygın kullanılmamaktadır (Tatlı, 2020).

1.2.2.3. Çok Jetli Modelleme (MJM)

Türkçesi Çok Jetli Modelleme olan MJM (Multi Jet Modelling) tekniği mürekkep püskürtmeli yazıcılarda kullanılan teknoloji uyarlanarak geliştirilmiştir. 3D Systems şirketine ait olan ThermoJet sisteminin baskı kafası yüzlerce nozüle sahiptir. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi MJM tipi yazıcıların baskı kafası doğrusal bir dizide 352 jeti içermektedir ve XY düzleminde geçtiği bir platformdan meydana gelmektedir (Pérez ve Calvet, 2002). Bu teknikle bilgisayar destekli tasarım (CAD) verilerini kullanarak üretilen üç boyutlu nesnelere esneme, şeffaf görünüme sahip, yüksek sıcaklıklara dayanabilme gibi özelliklere sahip olabilmektedir. Bu teknikte, üretim malzemesi olarak mum benzer ve parafin içeren bir tür termopolimer kullanılmaktadır. Bu malzeme materyal besleme kısmından bir pompa yardımıyla ısıtılan baskı kafasına verildikten sonra yüksek sıcaklıkta eritilip ince damla biçiminde birçok jetten püskürtülerek katmanlar oluşturulur ve UV ışığı ile kürlenmiş malzeme sıcaklıkla hemen katılır (Çelik vd., 2013). Baskı kafası X yönünde hareket eder ve tabla Y ve Z yönlerinde hareket ederek katmanların oluşmasını sağlar. İlk katman bittikten sonra tabla Z ekseninde aşağıya hareket eder ve diğer katman üretilmeye başlar. Bu işlem nesne tamamlanana kadar tekrarlanır. Her katmanın üretimi sırasında nesnenin yüzeyinde meydana gelebilecek pürüzleri düzeltmek için bir merdane kullanılır. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) verilerini okuyarak, parçanın bir dilimini oluşturmak üzere bir termoplastik malzemenin damlacıklarını biriktirmek için herhangi bir sayıda jet aktive edilebilir; ince destek direkleri de aynı dilim içine yerleştirilmiştir. Yazıcıya ismini veren baskı kafasında bulunan jetlerden bir veya birkaçının tıkanmaması için, her yeni katman üretiminde Y ekseninde hareket şaşırtmalı olarak yapılır. Üretilen nesnenin çıkıntıları havada asılı kalamayacağı için, düşük erime noktalı balmumundan yapılan ve yazdırma işlemi tamamlandıktan sonradan elle veya sıcak havayla nesneden ayrılabilen destek yapısı inşa edilir. MJM'nin ana avantajı, 3B nesnelerin çok kısa sürede, daha kısa geliştirme süreciyle ve düşük maliyetle sunulmasıdır (Doğan, 2007; Pham ve Dimov, 2012). Çok Jetli Modelleme (MJM) tipi bir yazıcı ve şematik görünümü Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4. Çok Jetli Modelleme (MJM) Tipi Yazıcı ve Şematik Görünümü



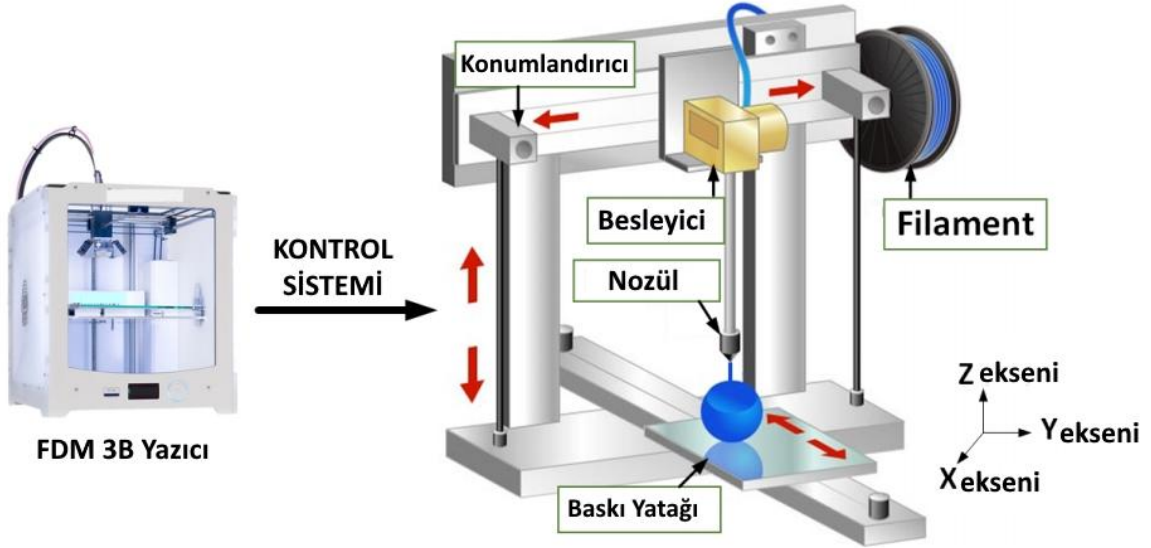
Kaynak: Pham ve Dimov, 2012.

1.2.2.4. Eriyik Yığılma Modelleme (FDM)

İngilizce Fused Deposition Modeling olarak bilinen FDM Teknolojisi Türkçe'ye Eriyik Yığılma Modelleme olarak çevrilmiştir. 1980 yıllarında Stratasys şirketinin kurucusu olan Scott Crump tarafından geliştirilmiş ve 1990 yılında ise aynı şirket tarafından ticari hale getirilmiştir. Bu teknoloji alanyazında Katmanlı Üretim Teknolojisi olarak da bilinmektedir. Şimdiki 3B yazıcıların yaklaşık olarak %70'i FDM yöntemini kullandığı söylenebilir. Bu teknolojiyi kullanan hızlı prototipleme sistemleri yardımıyla ısı ile şekil alabilen termoplastik malzemeler (elastomerler, ABS, PLA vb.) kullanılarak çeşitli modeller üretilebilmektedir (Uludağ, 2019; Taşdelen vd., 2020). Model imalatının fiziksel işleminde, bir termoplastik malzeme olan filament (tel) kullanılmaktadır. 3B baskı sırasında tel formundaki bu malzeme ısıtılmış ve sıcaklık kontrollü bir nozül yardımıyla erimiş veya yarı erimiş hale getirilerek katman katman üretim tablasına serilir. Diğer bir ifadeyle eritilmiş filament, bir piston yardımıyla nozülden (nozzle) beslenir ve kısmen yapılandırılmış tabaka üzerine bırakılır. Yeni bırakılan malzeme, önceden bırakılmış olan erimiş malzeme ile kaynaşır. Kafa X-Y düzleminde hareket eder ve yazdırılan katmanın geometrisine göre malzeme biriktirir. Bir katmanı bitirdikten sonra, parçayı tutan platform Z yönünde dikey olarak

hareket ederek öncekinin üzerine yeni bir katman bırakmaya başlar (Pham ve Dimov, 2012; Dudek, 2013; Kun, 2016). Basılı parçanın hacmine bağlı olan bir süre sonra, kafa bilgisayar yardımıyla 3B modellenen nesnenin tam bir fiziksel temsilini baskı yatağına bırakmış olacaktır. Model tamamlandığında eksiksiz ve sertleştirme gerektirmez, destek yapıları el ile veya su-kimyasal karışımında kolaylıkla baskı yatağından sökülebilir. FDM teknolojisi, 3B baskı teknolojileri içinde uygulanması kolay ve hızlı olmasının yanında yüksek çözünürlükte üretim yapması bakımından önemli bir yere sahiptir (Pham ve Dimov, 2012; Dudek, 2013). Eriyik Yığılma Modelleme (Fused Deposition Modeling-FDM) tipi yazıcı ve bileşenleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

Şekil 5. Eriyik Yığılma Modelleme (FDM) Tipi Yazıcı ve Bileşenleri



Kaynak: Li vd., 2018.

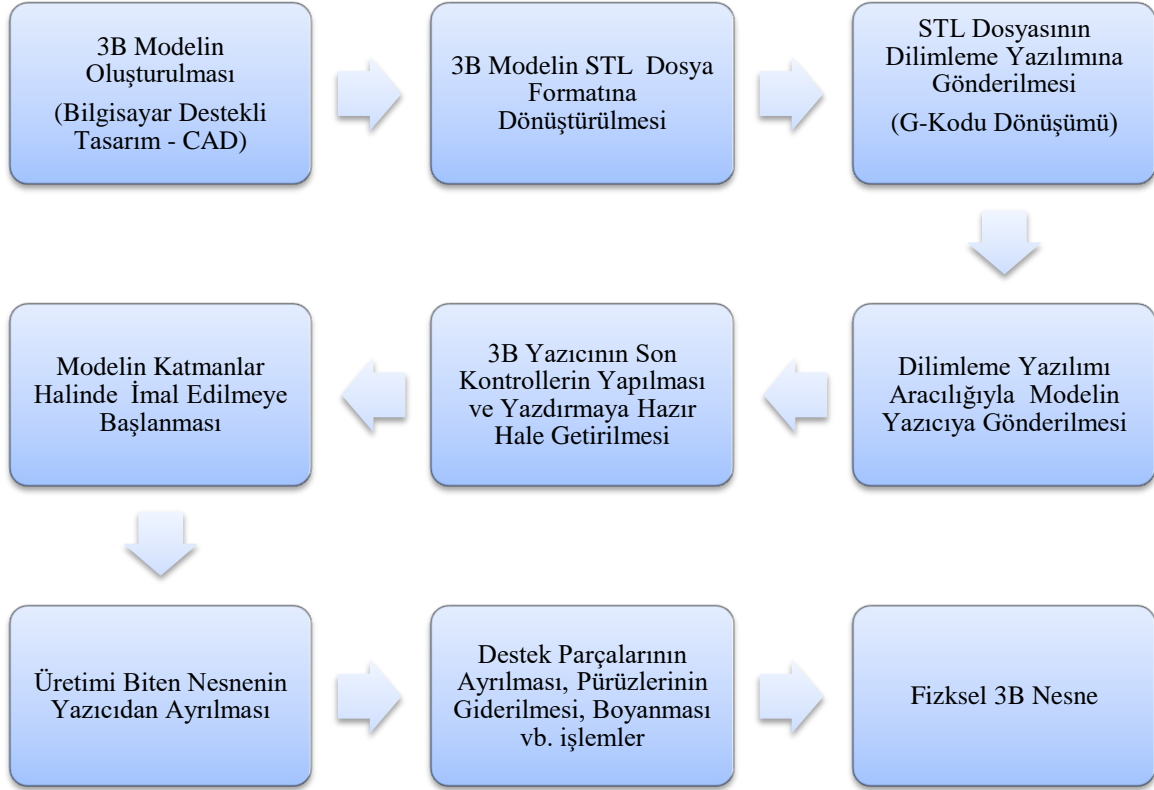
FDM tipi yazıcılarda 3B baskı yukarıda da belirtildiği gibi, malzemenin ardışık ekstrüzyonunun çizgileri oluşturduğu ve bu çizgilerin yığını nesneyi oluşturduğu bir ek işlemdir. Ayrıca, çizgilerin üst üste binmesi, yazdırılan nesnenin yüzey niteliğini belirler. FDM tipi yazıcı ve bu yazıcının donanım mimarisi Şekil 5'te gösterilmiştir. Farklı fiziksel işlemlere göre üç parça içerir; Besleyici, Konumlandırıcı ve Nozül. Kontrol sistemi, genel olarak G kodu olarak bilinen tasarım dosyasında bulunan talimatlara ve sensör geri beslemesine göre Besleyici, Nozül ve Konumlandırıcıyı düzenler ve çalışma sürecini yönetir (Li vd., 2018).

1.3. 3B YAZICILARDA BASKI SÜRECİ

3B yazıcıların üretim süreci, eklemeli bir şekilde katmanların belirlenen kalitede bir araya gelmesi olarak tanımlanabilir. Bu yüzden 3B yazıcıların üretim sürecine “katmanlı üretim” (Additive Manufacturing) ismi de verildiği görülmektedir. Kavramsal benzerliklerine rağmen “3B yazdırma” daha kişisel, küçük çaplı yapılmış işler için kullanılırken, “katmanlı üretim” profesyonel ölçekteki büyük işler için kullanılmaktadır (Şahin ve Turan, 2018). Bununla birlikte, alan yazında 3B baskı süreci yerine hızlı prototipleme (Rapid Prototyping) terimi de kullanılmaktadır. Bu terim çeşitli endüstrilerde son sürüm veya ticarileştirmeden önce hızlı bir şekilde bir sistem veya parça temsili oluşturmak için bir işlemi tarif etmek için kullanılır. Başka bir deyişle, vurgulanan şey hızlı bir şekilde bir nesne oluşturmaktır ve çıktının diğer modellerin ve nihayetinde nihai ürünün türetileceği bir prototip veya temel model olmasıdır (Gibson vd., 2015). 3B baskı, kalıplar veya frezeleme gibi diğer imalat teknikleri ile elde edilemeyen karmaşık geometrilere sahip nesnelere oluşturabilir. Katmanlı üretimin kullanılmasının getirdiği bazı faydalar, parçalar içinde hiyerarşik karmaşıklığa, tek bir parçaya eklenen birden fazla malzemeye ve tamamen işlevsel birleştirilmiş mekanizmalara sahip olma yeteneğidir (Oropallo ve Piegl, 2016).

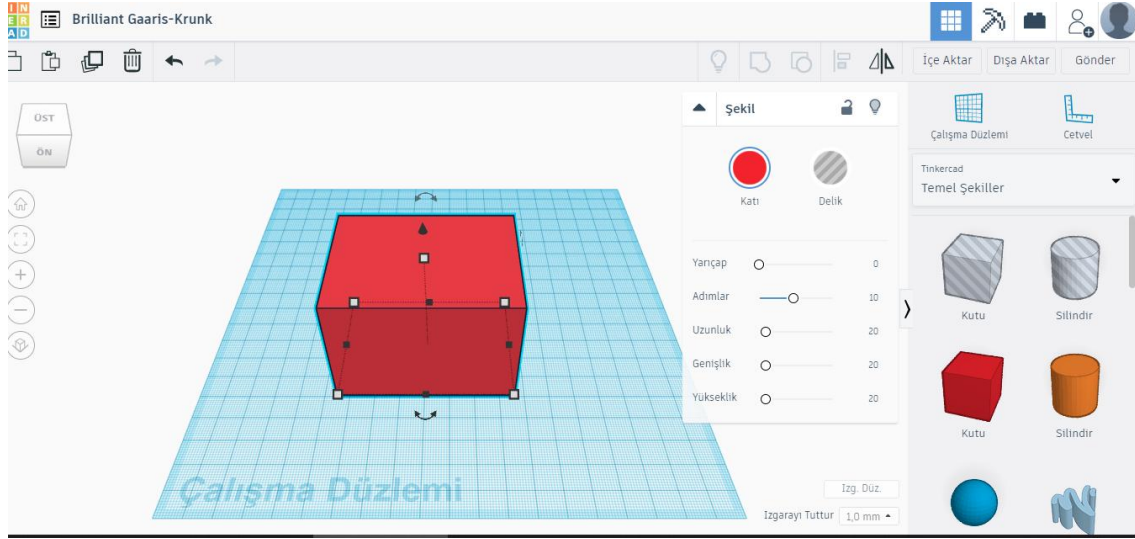
Bilindiği gibi bir ürünün baştan tasarlanıp üretilebilmesi için belirli süreçlerden geçmesi gerekmektedir. Gibson vd., (2015) bu süreci sekiz adımda açıklamışlardır; CAD, STL dönüşümü, makineye dosya transferi, makine kurulumu, inşa etme, çıkarma, işlem sonrası, kullanım. Horvath (2014) üretim sürecinin birkaç temel adımla ilerleyeceğini öne sürmüştür. Bunlar; “ne yapmak istediğine karar vermek, 3B bilgisayar modeli oluşturmak (tarama veya indirme yoluyla da model elde edilebilir), kullanılacak malzemenin seçimi, modeli yazdırılabilir katmanlar halinde dilimleme, yazıcının yürütmesi için komutlar oluşturma ve bu komutları yazıcıya yükleme” şeklindedir. Ermurat (2002) ise bu süreci beş ana başlık altında toplamıştır; 3B modelleme, veri aktarımı ve çevrimi, kontrol ve hazırlama, üretim, son uygulama. Alan yazından hareketle üç boyutlu yazıcılardaki baskı süreci Şekil 6’da özetlenmiştir.

Şekil 6. Üç Boyutlu Yazıcılarda Baskı Süreci



3B yazdırma sürecinin en önemli ve ilk basamağı yazıcıdan çıktısı alınması düşünülen nesnenin bilgisayar ortamında çeşitli yazılımlarla (CAD) tasarlanması ve modellenmesidir. Bu aşamada tasarım için kullanılacak birçok gelişmiş paket yazılım bulunmaktadır. Bunlar; Maya, Houdini FX, Cinema 4D, Autodesk 3ds Max, Modo, Blender, Lightwave 3D, ZBrush, 3D Coat, AutoCad, OpenSCAD, Solidworks, Autodesk Inventor, Autodesk 123D, Rhinoceros, Revit, FreeCad, 3D Canvas, K3D Surf olarak sıralanabilir. Buna karşın son dönemlerde web 2.0 araçları da ön plana çıkmaya başlamıştır. Web tabanlı tasarım programlarından en çok kullanılanları; Vectary, SketchUp, Tinkercad, Pera 3D, 3D Slash, Clara.io, All3DP, Figuro olarak sıralanabilir. Bu çalışmada ücretsiz olarak sunulan web tabanlı bir tasarım programı Tinkercad isimli 3B tasarım platformu kullanılmıştır. Kullanımı kolay, işlevsel ve ücretsiz olması sebebiyle (Kelly, 2014), özellikle eğitim sektörüne hitap etmektedir ve sınıf oluşturup öğrencileri sınıfa davet etmek gibi özellikleri de bulunan programın okullar ve öğrenciler için çok kullanışlı olduğu söylenebilir. 3B modelin oluşturulma aşaması bittikten sonra 3B modelin STL dosya formatına dönüştürülmesi aşaması gelmektedir. Tinkercad platformunun arayüz görüntüsü Şekil 7’de verilmiştir.

Şekil 7. Tinkercad Platformu Arayüzü



Şekil 7’de görüldüğü gibi 3B model diğer tasarım programlarında olduğu gibi dışa aktarma işlemi sonrasında STL dosya formatına dönüştürülür. Bu aşama tasarım yazılımlarının hemen hemen hepsinde otomatik olarak dışa aktarma işlemi sırasında gerçekleştirilir. Daha sonraki aşama ise STL dosya formatının dilimleme yazılımına gönderilip G-Kod (G-Code) dönüşümünün sağlanmasıdır. Brown ve Beer’e (2013) göre, 3 boyutlu yazıcılar, ne yazık ki yazdırma için bilgisayar sayısal kontrol talimatlarını (genellikle G kodu olarak bilinir) oluşturmak için gereken özel bir algoritma olmadan bir nesneyi yazdıramazlar.

Dosya içeriği verilen G-Kod, yazdırmanın süresini, kullanılacak olan filamentin uzunluğunu, nesne katman yüksekliğini, nozülünden eritilerek akıtılması gereken filament miktarını, yazıcının hangi eksenlerde ve hangi koordinatlara hareket etmesi gerektiğini, baskı tablasının sıcaklığını vb. birçok veriyi yazıcıya ileten bir kod dosyasıdır. Yazıcı bu dosyadan aldığı verileri işleyerek yazdırma işlemine geçer. Yazdırma işlemine başlamadan önce baskı tabla sıcaklığının istenen değere ulaşmış ve ulaşmadığı, filamenti eritip akıtacak olan nozülün tıkalı olup olmadığı, baskı tablasının hareketini sağlayacak olan düzeneğin doğru çalışıp çalışmadığı ve kalibrasyonun doğru yapılmış yapılmadığı kontrol edilir. Yazıcının bu son kontrolleri yapıldıktan sonra imalat başlatılır. G-Kod dosya içeriğinin bir örneği Şekil 8’de verilmiştir.

Şekil 8. Örnek G-Kod Dosya İçeriği

```
örnek_tasarm.gcode x
1 ;FLAVOR:Marlin
2 ;TIME:60277
3 ;Filament used: 19.0103m
4 ;Layer height: 0.06
5 ;Generated with Cura_SteamEngine 4.0.0
6 M140 S60
7 M105
8 M190 S60
9 M104 S200
10 M105
11 M109 S200
12 M82 ;absolute extrusion mode
13 ; Ender 3 Custom Start G-code
14 G28 ; Home all axes
15 G92 E0 ; Reset Extruder
16 G1 Z2.0 F3000 ; Move Z Axis up little to prevent scratching of Heat Bed
17 G1 X0.1 Y20 Z0.3 F5000.0 ; Move to start position
18 G1 X0.1 Y200.0 Z0.3 F1500.0 E15 ; Draw the first line
19 G1 X0.4 Y200.0 Z0.3 F5000.0 ; Move to side a little
20 G1 X0.4 Y20 Z0.3 F1500.0 E30 ; Draw the second line
21 G92 E0 ; Reset Extruder
22 G1 Z2.0 F3000 ; Move Z Axis up little to prevent scratching of Heat Bed
23 ; End of custom start GCode
24 G92 E0
25 G1 F2400 E-5
26 ;LAYER_COUNT:882
27 ;LAYER:0
28 M107
29 M204 S5000
30 M205 X30 Y30
31 G0 F3600 X52.713 Y78.602 Z0.2
32 M204 S500
33 M205 X20 Y20
34 ;TYPE:SKIRT
35 G1 F2400 E0
36 G1 F1800 X53.338 Y78.253 E0.02381
37 G1 X53.998 Y77.977 E0.0476
38 G1 X54.684 Y77.776 E0.07138
39 G1 X55.369 Y77.575 E0.09518
```

G-Kod dosyasından gelen verilerin yazıcı tarafından okunmaya başlamasıyla modelin katmanlar halinde imalatı başlamış demektir. İmalat sırasında hata (elektrik kesintisi, nozül tıkanıklığı vb.) meydana gelmemesi için yazıcının kontrolünün sağlanması gerekmektedir.

İmalat aşaması biten nesnenin tabladan çıkarılması aşamasına geçilir. Bazı yazıcılarda oluşturulan nesne tabladan ayrılırken spatula gibi çeşitli araç gereçler gerekebilir. Teknolojinin ilerlemesiyle bu ayrılma işlemini kolaylaştırıcı inovatif ürünler de üretilmeye başlamıştır. Örneğin baskı tablasının yapısı yapışmayan yüzey şeklinde tasarlanmış yazıcılar mevcuttur. Bu aşamada yazdırma işleminin tamamen bittiğine emin olunması gerekir. Yazıcı parçalarının çalışma sıcaklıklarının yeterince düşük olmasını veya aktif olarak hareket eden hiçbir parça olmamasına dikkat edilmelidir. 3B yazıcıda üretilmiş nesnelerin bir örneği Şekil 9'da verilmiştir.

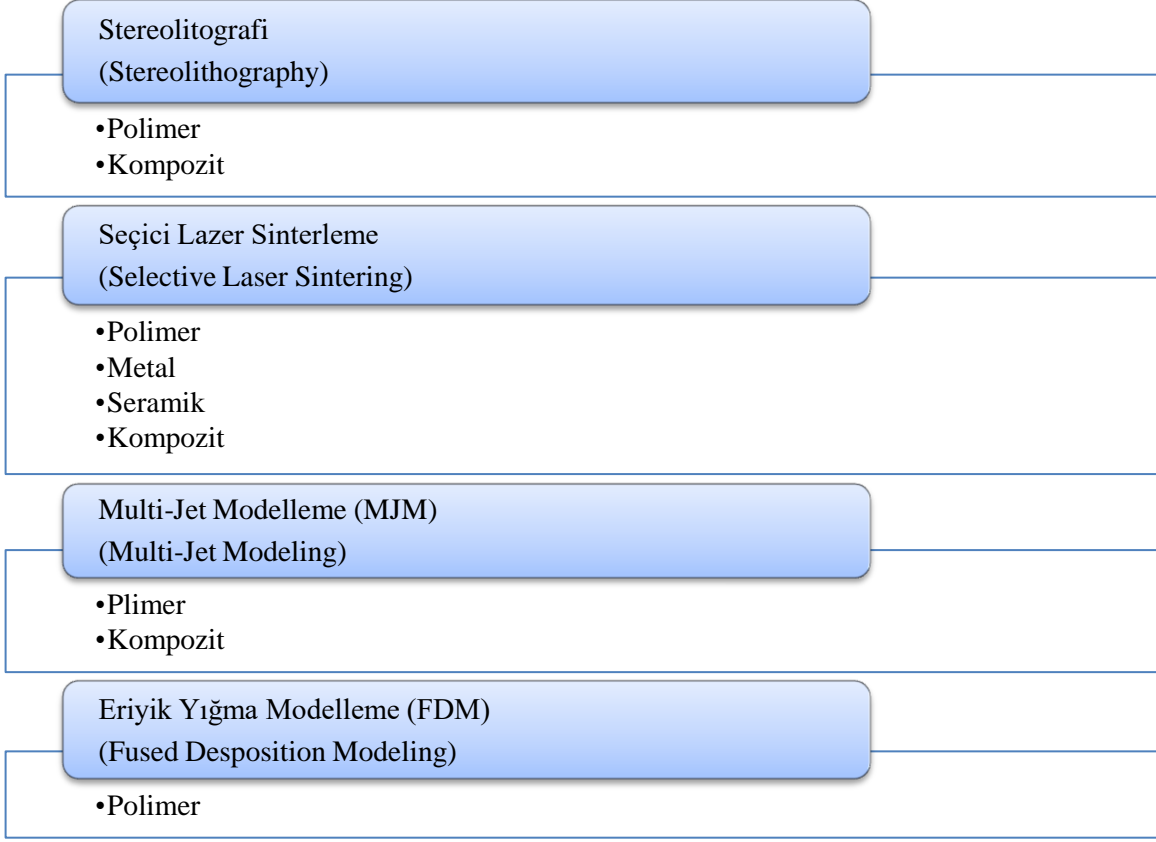
Şekil 9. 3B Yazıcıda Üretilmiş Nesnelere



Şekil 9’da imalatı tamamlanmış fiziksel nesnelere görünmektedir. Ayrılma işlemi sonrasında destek yapılar ve üzerinde varsa pürüzler giderildikten sonra nesne tamamen hazır hale gelmiş olur. 3B yazıcılar ile üretililecek nesnelere için kullanılan malzemeler yazdırma teknolojilerine göre çok çeşitlilik göstermektedir. Günümüz 3B baskı teknolojileriyle, bu hammaddelerin hepsini işleyip tek bir yazıcıdan ürün elde etmek imkânsızdır.

3B baskının popülaritesinin arkasındaki faktörlerden biri, 3B baskı süreci için geliştirilmiş veya uyarlanmış çok çeşitli malzemelerdir. 3B baskı ilk geliştirildiği zamanlarda, kullanılan ilk malzemelerden biri sıvı bir fotopolimerdi. Prototipleme amaçları için iyi olsa da, zayıf yapısal bütünlüğü nedeniyle, fotopolimer temelli malzemenin sınırlı bir uygulaması vardı ve bu da nihai ürünler için pratik değildi. Günümüzün birçok malzeme seçeneği arasında, termoplastik filamentler, sıvı reçineler ve çeşitli katı tozlar bulunmaktadır ve bu da 3B baskılı nesnelere daha geniş bir uygulama yelpazesi sunmanın yanında çok daha kullanışlı hale getirmek için yeterli çeşitlilik sunmaktadır (Micallef, 2015). Şekil 10’da en çok kullanılan 3B yazdırma teknolojilerinde kullanılan hammaddeler gösterilmiştir.

Şekil 10. 3B Üretim Teknolojisine Göre Materyal Kullanımı



En çok kullanılan FDM yöntemindeki polimer malzemeye filament adı verilir. Filamentlerin, ABS ve PLA olmak üzere yaygın olarak iki kullanımı bulunmaktadır. ABS (Akrilonitril Butadin Stiren), hafif ama sert bir malzemedir. Örneğin Lego parçaları bu malzemeden yapılmaktadır. ABS yüksek dayanıklılığa sahip olmakla beraber erime sıcaklık noktası 105 derece olması sebebiyle 80 derecede yumuşar ve şekil bozukluğuna uğrayabilir. Ayrıca ABS malzemesinin bir diğer eksikliği yazdırma işlemi sırasında zehirli hidrojen siyanür (HCN) gazı çıkarmasıdır (Tatlı, 2020). Bu yüzden bu malzeme kullanılarak yapılan yazdırma işleminde ortama dikkat edilip havalandırmanın iyi yapılması önemlidir. Diğer bir malzeme olan PLA (Polilaktik Asit) geri dönüşümü mümkün bir filamenttir. PLA Aynı zamanda tıbbi uygulamalarda da kullanılabilir. PLA malzemelerin eksikliklerinden biri ABS'den daha az dayanıklılığa sahip olmasıdır. Buna karşılık organik ve yazdırma işlemi en kolay malzemelerden biridir. Bu özellikleriyle 3 boyutlu yazıcılarda çokça tercih edilmektedir (Şahin ve Turan, 2018; Tatlı, 2020).

1.4. 3B YAZICILARIN KULLANIM ALANLARI

Son zamanlarda teknoloji dünyasında ismini sıklıkla duymaya başladığımız ürünlerin başında gelen 3B yazıcılar, çok da yeni bir teknoloji değildir. Yaklaşık 30 yıldır kullanılmaktadır. Geçen 30 yıl içinde 3B yazıcılarda çok farklı teknolojiler, ebatlar ve gereçler kullanılmıştır. Bu değişimler meydana gelirken kullanım alanlarında da sürekli bir takım gelişmeler olmuştur (Yıldırım vd., 2018). Daha önceleri maliyetlerinin çok yüksek olması ve boyutlarının büyüklüğü gibi nedenlerle dar bir alanda kullanılıyorken şimdilerde 3 boyutlu yazıcılar medikal, eğitim, otomotiv, mühendislik, tıp, inşaat, moda vb. gibi hemen hemen her sektörde kullanılmaya başlamıştır. Ayrıca 3 boyutlu yazıcılar neredeyse her sektör için büyük bir fırsat olma özelliği taşımaktadır. Çünkü diğer üretim teknikleri ile kıyaslandığında kullanılabilirliği, fiyatının uygun olması ve hızı gibi özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Bunun en iyi örneği; yüzyılın felaketi olarak kabul edilen Covid-19 salgınında, sağlık çalışanlarının kullanmaları için bazı kamu ve sivil toplum kuruluşlarınca hızlı bir şekilde ihtiyacı karşılayacak siperlikler üretilmiş ve kullanılmıştır.

Alan yazın taramasında, 3B yazıcıların medikal ve mühendislik alanlarında daha yaygın olarak kullanıldığı; ancak son dönem yapılan çalışmalardan hareketle 3B yazıcıların kullanım alanının genişlediği görülmüştür. Bu alanların medikalden moda uzanan bir yelpazede çeşitlilik gösterdiği tespit edilmiştir. Hatta alan yazındaki bazı çalışmalar, silah üretiminden, gıda üretimine, heykel üretiminden oyuncak üretimine, kuyumculuk ürünlerinden, inşaat ürünlerine ve mobilya sektöründe birçok ürünün üç boyutlu yazıcılarla üretilbileceği ön görmektedir (Şahin ve Turan, 2018).

Son dönemde 3B yazıcılardan medikal kullanım amaçlı ürünler elde edilmeye başlanmıştır. Özellikle diş implantları, cerrahi operasyonlarda kullanılan implantlar bu medikal ürünlerden başlıcalarıdır. Diğer taraftan maliyetinin düşüklüğü sebebiyle biyomedikal mühendisliği alanında canlı doku geliştirmede ve ortez-protez üretmede 3B yazıcılarından gün geçtikçe daha fazla faydalanılmaktadır (Giannatsis ve Dedoussis, 2009; Mertz, 2013; Gupta, 2017; Gül, 2018). Aynı zamanda optik ürünler maliyetleri önemli ölçüde azaltan ve nispeten kolay uyarlanabilir ve özelleştirilebilir tasarımlara olanak tanıyan 3-B yazıcılar yardımıyla kolaylıkla basılabilmektedir (Zhang vd., 2013).

3B yazdırma teknolojilerinden olan SLA, FDM, SLS, MJM yöntemlerinin kuyumculuk endüstrisinde sıkça kullanıldığı görülmektedir. Tasarım ve üretim yöntemlerinin değişimiyle ön plana çıkan 3B yazıcılar, üretim sürecine bireyleri dâhil edip direkt olarak kişiye özel üretim imkânı sunmaktadır. Bu sayede kullanıcı memnuniyeti artmakta ve moda sektörüne de yeni bir bakış açısı kazandırmaktadır. 3B yazıcılar yardımıyla günümüzde üretimi yapılan malzemeler arasında ayakkabı, takı, çanta ve giysiler de bulunmaktadır (Yıldırım, 2016; Kiraz vd., 2018).

3B yazıcılar yardımıyla üretilen gıdalar düzgün bir şekilde imalat ve sonrasında düzeltme gibi esnek üretim potansiyeline sahiptir. Esnek üretim özgürlüğü gıda endüstrisinde büyük fırsatlar sunmaktadır. Günümüzde, çikolata, Türk lokumu, muhallebi lokumu ve gözleme hamuru gibi gıdalar 3B yazıcılar aracılığıyla üretilmektedir. Yakın gelecekte, 3B yazıcılar, ısıtma gibi işleme tabi tutulacak çiğ gıdalar için de kullanılabilir. Gıda sektöründe 3B yazıcıların kullanılmasının en önemli avantajı kalıplara ihtiyaç duyulmaması, daha fazla ürün çeşitliliğine sahip olması, yeni gıdaların üretilmesi ve daha az işlem yapılmasıdır (López Galdeano, 2015; Izdebska ve Zolek-Tryznowska, 2016; Yaprak Aydın, 2019).

Mobilya sektöründe çeşitli malzeme ve yöntemlerin kullanılması 3B baskı ile mobilya üretiminin yapılmasının önünü açmıştır. Mobilya ürünlerinde kişiselleştirme ihtiyaçlarının artacağı öngörüsü ile 3B baskı ile üretilen ürün kullanımının yaygınlaşacağı söylenebilir. Bu teknolojinin yaygınlaşması maliyetlerin düşmesine sebep olacağından tamamı 3B yazıcılarla üretilen mobilyaların yaygınlaşacağı öngörülmektedir (Gedik vd., 2018).

Barınma, insanlığın en önemli ihtiyaçlarından biridir ve insan nüfusunun artışı ile bu ihtiyaç daha da fazlalaşmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak adına daha hızlı, kullanışlı ve daha ekonomik üretim sağlayan teknolojilere gerek duyulmaktadır. Bu teknolojik gelişmelerden bir tanesi de 3B yazıcı kullanımı ile yapı üretimidir. Bu bağlamda 2014 yılında Winsun New Materials isimli Çin firmasının çok büyük üç boyutlu bir yazıcı kullanarak 24 saat içerisinde 10 adet ev üretmesi bu teknolojinin bir yansıması olarak değerlendirilebilir (Naboni ve Paoletti, 2015: 63; Çerçevik vd., 2018; Şahin ve Turan, 2018). 3B yazıcılarla üretilmiş bir ev örneği Şekil 11’de verilmiştir.

Şekil 11. 3B Yazıcılarla Üretilmiş Ev Örneği



Kaynak: <http://www.winsun3d.com/En/About/>

Heykel sanatında, ön modelleme yapma zaman alan bir işlemdir. Dolayısıyla, üretimde zaman kaybını önlemeye özgü teknolojilere doğru yönelim, ön modelleme basamağı sürecinin kısılmasına katkıda bulunabilir. Bu bağlamda tasarım sürecinde üç boyutlu yazıcı ile üretilen ön modellemeler faydalı olmaktadır. Üretilen parçalar bir araya getirilerek, sunumlarda hızla çoğaltılabilir ve böylece heykelin oluşturan mekanizmaların işlevleri kolaylıkla gözlemlenebilir (Boyras ve Dolunay, 2014).

Yapılan alan yazın taraması 3B yazıcı teknolojisinin günümüzde oyuncak sektöründe tasarım özgürlüğü sağlaması bakımından kullanışlı tasarımlara izin veren ve kolay hammadde temini sağlaması sebebiyle başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir (Yüceliş vd., 2018).

1.5. 3B YAZICILARIN EĞİTİM ALANINDA KULLANIMI

3B yazıcılar, öğretim sürecini doğrudan destekler. Basılı modellerin öğrenme sürecinin bir parçası olarak kullanımı, öğrencilerin ders konularını deneyimleyerek kavramalarını, derse karşı güdülenmelerini, soyut kavramları fiziksel nesnelere çevirip somutlaştırmalarını, öğrenmeyi kalıcı hale getirmelerini ve ürün oluşturma sürecini daha iyi anlamalarını sağlar. Bu durum öğrencinin öğrenme sürecine aktif katılımını artırmaktadır (Yıldırım, 2018a). Ayrıca 3B baskı, öğrencilerin fikirlerini gerçeğe aktarmalarını sağlar. Kendi projelerini fiziksel olarak inceleyebilen öğrenciler, derslere daha hevesli bir şekilde katılabilirken mekânsal hayal gücü becerilerini de etkin bir şekilde kullanabilir. Bunun yanında basılı modeller öğrencilerin projelerinin güçlü ve zayıf yönlerini öğrenmelerini sağlar. Eğitimci cepheden bakıldığında ise derslerde 3B yazıcıların kullanımının öğretmenlerin, ders anlatımını etkili bir şekilde yapmasını desteklediği söylenebilir (Szulzyk-Cieplak vd., 2014; Micallef, 2015; Yıldırım, 2018b; Küçüksolak, 2019).

3B yazıcıların eğitimde kullanımı incelendiğinde, eksik görünen şey öğretmenlerin 3B yazıcılarla yapılandırılmış öğrenme etkinlikleri tasarlamasına ve kolaylaştırmasına yardımcı olacak şekilde düzenlenen bir müfredattır. Aynı zamanda bu teknoloji derinlemesine araştırılmadan önce, öğretmen adaylarının genel olarak 3B baskıyı daha iyi anlaması ve masaüstü üretimi ile ilgili süreçlerde beceri edinmeyi en iyi nasıl sağlayabileceklerini keşfetmesi gerekir (Brown, 2015). Bunun bir örneği Fab @ school adlı bir pilot program tarafından benimsenen yaklaşımdır. Fab @ school, öğretmenlerin temel matematik ve fen kavramlarını öğretmek için tasarım ve 3B baskıyı birleştiren bir müfredat oluşturmaya yardımcı olmaktadır. Programın amacı çocuk mühendisler oluşturmak, gençleri bilim, matematik ve özellikle mühendislik ve tasarım konularında heyecanlandırmaktır. Bu pilot uygulama, Ulusal Bilim Vakfı, Motorola ve MacArthur Vakfı tarafından finanse edilmektedir. Virginia Üniversitesi Çocuk Mühendislik Grubunda profesör olan Glen Bull projeye liderlik etmektedir (Lipson ve Kurman, 2013: 154-155).

3B yazıcıların avantajları ve özellikleri sayesinde, öğrenciler bilimsel kavramları öğrenirken sadece hayal güçlerine güvenmeleri gerekmekte aynı zamanda baskı sürecinde ekran tartışmalarına ve keşiflere katılarak aktif öğrenme sürecine dâhil

olmaktadır. 3B yazıcı kullanarak yeni ürünler için fikirler ortaya koymak kolaydır. Makinelerin kullanımının kolay olması, öğrencilerin ürün ortaya koyarken yaratıcı fikirler bulmasını kolaylaştırmaktadır. (Chien, 2017). Bununla birlikte öğrencilerin yazıcıları kullanmayı öğrenmesiyle birlikte, akranlarıyla ortak ürün oluşturma motivasyonu artmaktadır (Horvath, 2014: 151). Bu bağlamda, öğrenme ortamlarında üç boyutlu yazıcıları kullanmanın; eleştirel düşünebilen, gerçek yaşam problemlerini çözebilen, yaratıcı ve özgün fikirler ortaya koyabilen, başkalarıyla işbirliği yapabilen öğrenciler yetiştirmeye katkı sağladığı düşünülebilir. Sınıf ortamında bir nesneyi 3B yazıcıdan katman katman oluşturmak genellikle ilginç ve şaşırtıcı görünür ve öğrenciler kendi tasarladıkları bir ürünün ortaya çıkışını görmekten hoşlanırlar. Karmaşık bir nesneyi düşük maliyetle ortaya çıkarma yeteneği, öğrencilerin sadece varsayımsal olarak öğrenmesi yerine elle tutulabilir fiziki nesnelere meydana getirmeye izin vermesi bakımından kritik öneme sahiptir. Ayrıca yapılan araştırmalar sınıfta 3B yazıcı kullanımının öğrencilerin motivasyonuna, matematiksel ve teknik becerileri üzerine olumlu bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır (Horvath ve Cameron, 2015: 137; Kwon, 2017).

3B yazıcıların olmazsa olmazı olan 3B tasarım, görselleştirme ve döndürme gibi bileşenler uzamsal becerinin temel öğelerindedir. Çalışmada da kullanılan Web 2.0 uygulaması olan Tinkercad ile 3B tasarımlar oluşturan öğrencilerin, nesnelere her açıdan gözlemleyebilmeleri ve döndürebilmeleri sayesinde bu beceriyi geliştirebilmeleri mümkündür (Atasoy vd., 2019). Verner ve Merksamer (2015), 3B yazıcı ile öğrenme faaliyetlerinin öğrencilerin görsel uzamsal becerilerini önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir. Öğrenme ortamında öğrenciler daha karmaşık nesnelere algılar, zihinsel olarak işler ve görselleştirir. Alan yazın, görsel okuryazarlık ve tasarım yeterliliklerinin geliştirilmesi için CAD eğitimini pratiğe taşıma ihtiyacına işaret etmektedir. Çünkü bireyin görsel okuryazarlık bilgisine sahip olması hem eğitim-öğretim sürecinde hem de sosyal hayat içinde karşılaştığı iletişim ortamlarındaki mesaj ve kanalları daha iyi anlamlandırmasını sağlamaktadır (Aytaş ve Kaplan, 2017).

3B yazıcılar dokunsal öğrenen öğrenciler için oldukça önemli bir araç durumundadır. Görme engelli öğrenciler, matematik ve fen gibi derslerdeki soyut kavram ve konuları öğrenmek için dokunabilecekleri nesnelere ihtiyaç duymaktadırlar (Horvath, 2014). Bu nedenle, hem öğrencilere hem de öğretmenlere yardımcı olmak için, eğitim

materyallerinin üç boyutlu (3B) baskı gibi kolay, ucuz ve özelleştirilebilir yöntemlerle hazırlanması önerilmektedir. Bu şekilde dokunma duyusunun daha ön planda olduğu bu öğrenci grubu, öğrenme ve hafıza süreçlerini iyileştirebilecek 3B dokunsal materyallerle daha iyi öğrenebilirler (Wonjin vd., 2016).

3B yazıcıların günümüzde maliyetleri düşmüş olmasına rağmen kırsal bölgede bulunan okulların bu teknolojiye sahip olmaları zor olabilmektedir. Çevrimiçi öğretim ve görsel araçlarla zenginleştirilmiş atölyeleri olan okulların atölyeleri sayesinde RepRap 3-B yazıcılar olarak da isimlendirilen açık kaynaklı tasarıma sahip olan yazıcılar başarıyla oluşturabilir ve kırsal kesimde bulunan okullarda kullanılabilir. Bilim, matematik ve mühendislik vb. alanlarda öğrencilere gerçek dünya durumlarını tanıtmaya olanak sağlayan bu yazıcılar öğrencileri motive etme bağlamında etkili birer araç konumundadır. Bu bağlamda açık kaynaklı tasarıma dayalı 3 boyutlu yazıcıların bu okullarda kullanımı, eğitim alanında güçlendirici ve geliştirici potansiyele sahiptir (Schelly vd., 2015). 3B Baskı maliyeti oldukça düşük RepRap yazıcılar kullanılarak kolay erişilebilir hale geldiğinden, 3B yazıcıları derslerde kullanmak mümkün hale gelmiştir. Öğretmen sadece 3B yazıcı ve dizüstü bilgisayar ile sınıfa gelip, dersi bir laboratuvar etkinliği ile takip edecek şekilde rahatlıkla işleyebilmektedir. Hatta Amerika'daki okullarda bazı derslerde öğrencilerin STEM çalışma alanlarını tanıması için 3B yazıcılar kullanılmaktadır. Bununla birlikte Michigan Teknik Üniversitesinin makine mühendisliği bölümünün müfredatında imalat, prototipleme, endüstriyel tasarım ve müşteri ihtiyaçları gibi konuları içeren “Ürün Tasarım ve Geliştirme” adlı bir ders bulunmaktadır (Irwin vd., 2014). 3B baskı, nesnenin işleyişinin fiziksel temeline dair daha derin bir kavrayış sağlar; yeni modern eğitim teknolojilerinin uygulanmasına yardımcı olur, eğitim sistemi ve reel ekonomi arasındaki işbirliğini teşvik eder (Khotuntsev ve Dzhanmamedov, 2018). Öğrenciler, 3B baskı teknolojileri kullanılarak oluşturulan nesneyi detaylı bir şekilde inceleme fırsatı bulurken STEM konularını da daha detaylı bir şekilde öğrenip kendilerini endüstriyel teknolojinin kullanımına hazırlamaktadırlar (Stansell ve Tyler-Wood, 2016). Yapılan araştırmalar, matematik eğitiminde 3B baskı etkinliklerinin kullanımının öğrencilerin STEM alanlarına ilgilerini önemli bir şekilde artırdığına, daha motive olduklarına ve matematik başarılarının arttığına işaret etmektedir (Tillman vd., 2014).

1.5.1. 3B Yazıcıların Matematik Eğitiminde Kullanımı

Soyut kavramlardan oluşan Matematik, dünyanın her yerinde öğrenciler tarafından zor olarak kabul edilmektedir. Buna bağlı olarak meydana gelen problemlerin en önemlisi öğrencilerin matematik başarılarında yaşadıkları kaygıdır. Bu kaygının sebepleri öğretim sürecinde kullanılan yöntem ve matematiksel terimlerdir (Peker ve Mirasyedioğlu, 2003). Bu bağlamda alan yazında bir yöntem olarak derslerde 3B yazıcıların kullanımını ve bunun etkilerini araştıran birçok çalışma mevcuttur. Hoopes (2018) yaptığı çalışmasında öğrencilerin 3B baskılı manipulatifler kullanarak yaptıkları bir konunun sunumunda hata yapmaktan daha az korktuğunu ve daha az matematik kaygısı yaşadıklarını belirtmiştir. Matematik kaygısı ile matematik öğrenme tutumunun doğrudan birbiriyle ilişki içinde olduğu söylenebilir (Akın ve Kurbanoglu, 2011). Matematik öğrenme tutumu, bir kişinin matematik öğrenmek için sürekli davranışsal yönelimi anlamına gelir (Chen vd., 2017). Matematik bağlamındaki tutum süreçleri; özgüven, matematik kaygısı, matematiğin dikkate alınan değeri, matematiğe ilişkin olarak yaşanan keyif, matematiğe dâhil olma motivasyonu ve başarılı olma beklentileri gibi değişkenlerle ilgilidir (Valcke vd., 2008). Chen vd., (2017), matematik dersini geleneksel şekilde işlemekten ziyade öğrencilerin derse katılım duygusu yaşamalarını sağlamayı amaçlamışlar ve bunun için de 3B yazıcıları öğretim sürecine dâhil edip öğrencilerin öğrenme tutum değişikliğini anlamak için matematiğe yönelik tutum ölçeği uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda 3B yazıcılar kullanarak işlenen matematik dersinde öğrencilerin katılım ve başarı duygularının arttığını ayrıca matematiğe karşı tutumlarının da olumlu yönde değiştiğini saptamışlardır. O halde 3B yazıcıların öğrencinin matematiğe karşı bakış açısını olumlu yönde etkileyebileceği gibi akademik başarısını da artırmak gibi bir avantajının olduğu düşünülebilir.

Matematiksel görselleştirme, öğrencinin sadece üç boyutlu nesnelere hareketleri ve dönüşümleri ile birlikte hayal edebilmekle kalmayıp, aynı zamanda uygun matematiksel dili kullanarak bunları tanımlayabilmesi gereken bir süreci içerir. Geleneksel matematik öğretimi, öğrencilerin önemli uzamsal görselleştirme becerileri geliştirmelerini önleyerek, görme ve dokunma kullanımının sınırlandırılmasına yol açar. Buna karşın uzamsal görselleştirmenin öğrenme öğretme sürecine dahil edilmesi akademik başarıyı olumlu yönde etkilemektedir (Lowrie vd., 2019). Bu becerilerin eksikliği nedeniyle, birçok öğrenci

matematiksel kavramları tam olarak anlamamakta ve bu nedenle matematikteki teorik ve uygulamalı problemleri çözememektedir. Geleneksel matematiğin öğretilmesiyle ilgili bir diğer konu, öğrencide esas motivasyon eksikliği yaratmasıdır. Çünkü matematik, gerçek dünyayı anlamak ve tanımlamak için bir araç olarak değil, genellikle ezberlemek için bir formül koleksiyonu olarak tanıtılır (Herrera vd., 2019). Geleneksel matematik öğretimi anlayışından sıyrılıp matematiksel görselleştirmenin temel bileşeni olarak kullanılabilir olan 3B yazıcılar, matematiğin soyut dünyasını gerçek hayatta elle tutulabilir somut nesnelere haline gelmesini sağlayan etkili bir araçtır. Karmaşık geometrik şekilleri ve soyut bazı kavramları, öğrencilerin anlaması zor olmakla birlikte, öğretmenlerin bu soyut matematiksel kavramları veya yasaları öğrencilere basit bir görsel yolla sunması da zordur. Bu bağlamda, öğretmenler, karmaşık geometrik şekillerin ve soyut kavramların öğretiminde görsel uzamsal becerileri de destekleyen 3B baskı teknolojisini kullanabilirler. Matematikte 3B baskı teknolojisinin kullanımı, kavramların ve bilginin, görselleşip soyutluktan kurtulmasına ve aynı zamanda öğrencilerin pratik ve teorik bilgi arasında bağlantı kurmasına yardımcı olur (Gür, 2015; Sun ve Li, 2017). Huleihil (2017) bilgisayar temelli tasarım aracılığıyla temel geometrik şekiller tasarlayıp, tasarımlarını yazdırdıkları bir çalışmada 6. sınıf geometrisinde, 3B baskı kullanımı öğrencinin matematiksel yansıtma becerisini önemli ölçüde artırdığını tespit etmiştir. Öğrenciler ayrıca 3B yazıcılar sayesinde gerçek hayattaki nesnelere modelleyebilir ve süreçteki daha karmaşık geometrileri öğrenebilirler. Bu sayede öğrenciler hem matematikteki öğrenme araçlarını hem de gerçek dünyada kullanılan tasarım araçlarını öğrenmiş olmaktadır (Hoopes, 2018).

Erişilebilirlik ve satın alınabilirlik nedeniyle, teknolojik potansiyele sahip 3B yazıcılar sınıflarda, öğretme ve öğrenmenin iyileştirilmesi ve katılımın artırılması sürecinde kullanılabilir hale gelmiştir (Schelly vd., 2015). 3B baskı teknolojisinin karmaşık teorik kavramları basitleştirmek adına çok çeşitli konularda kullanılabilir olması, malzeme bilimi ve matematikteki işbirliğinin bir göstergesidir. 3B yazıcıların kullanıldığı etkinlikleri içeren ders planları ve projeler oluşturmak, öğrencilerin konuları daha iyi öğrenmelerine ve problem çözme becerilerinin gelişimine yardımcı olabilir (Irwin vd., 2015). Bir fikirden bir nesnenin modellenmesine ve üretilmesine kadar tüm 3B baskı süreci, kavramsallaştırma ve görselleştirme bakımından öğrenciye büyük katkı sağlamaktadır. Sınıfta 3B yazıcıların kullanımı bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerini birleştirip bir araya

getirir. Aynı zamanda 3B yazıcıyı öğrencilerin geliştirmekte olan yeterliliklerde güçlendirmek için Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Sanat ve Matematik'i birleştiren STEAM kavramını desteklemek için çok iyi bir araç haline getiren estetik ve sanatsal bir yönü de vardır (Budinski vd., 2019; Wisdom ve Novak, 2020).

Öğrencilerin uzay ve grafik kavram bilgisine hâkim olması, gelecekte matematik ve diğer disiplinleri öğrenmeleri için sağlam bir temel oluşturacaktır. Matematik ders kitabının kendisi, öğretim için çeşitli öğretim etkinlikleri ve belirli materyaller sağlar, ancak öğretimin gerçek ihtiyaçlarını karşılayamaz. Öğretmenler uzay ve grafik öğretiminde, görselleştirme yapmak için 3B baskı teknolojisini kullanabilirler. Böylelikle öğrencilerin uzay ve grafikleri anlama yetenekleri, gerçek matematiksel 3B baskı uygulamalarıyla büyük ölçüde artırılabilir. Ayrıca öğretmenler 3B yazıcıları kullanarak öğrencilere sınıfta kendi uzamsal öğrenme modellerini tasarlayabilirler. Dolayısıyla öğrencilerin ilgisini ve yenilikçi düşüncelerini bu şekilde teşvik edebilirler (Sun ve Li, 2017).

1.5.2. Kesirlerin Öğretimi

Kesirler konusu içeriği bakımından, dünya genelinde öğrenmesi zor ve öğretilmesi zor kavramlar barındıran bir konu olarak kabul edilmektedir. Bu zorluklar ilkökul yıllarında başlamaktadır (Moss ve Case, 1999; Empson ve Levi, 2011). İlkokul çağındaki öğrencilerin hala somut dönemden soyut döneme geçemediği bir dönem olduğu düşünüldüğünde kesir kavramı gibi soyut bir kavramı öğrenmede çeşitli zorluklar yaşanması kaçınılmaz olacaktır. Bu yüzden öğrencilere kesirleri öğretirken bazı önemli hususlara dikkat etmekte fayda vardır.

Kocaoğlu ve Yenilmez (2010) yaptıkları çalışmanın bulgularına dayalı olarak kesirlerin öğretimine ilişkin şu önerileri sıralamışlardır:

1. Kesir problemlerinin çözümünde şekilleri kullanmaları özendirilebilir,
2. Öğrencilere kesirlerle ilgili teorik kuralları sunup işlem yaptırmak yerine, kesirlerin öğretiminde daha fazla somut modeller kullanılabilir,
3. Günlük hayatta onların karşısına çıkabilecek somut problemler sunulabilir,
4. Kesirlerin anlaşılması çoğu araştırmacı tarafından zor kabul edilmektedir

(Charalambous ve Pantazi, 2005; Misquitta, 2011; Biber vd., 2013). Dolayısıyla öğrenme güçlükleri yaşayabilecek öğrencilerin olma ihtimali göz ardı edilmeden oluşabilecek kavram yanılgılarını da dikkate alarak öğretim yapılabilir,

5. Öğrenme alanı olarak Sayılar dışında kalanların kavram yanılgıları üzerinde durulup yok edilebilir.

İlköğretim matematik eğitiminde (okul öncesi dâhil) kesir kavramı gibi temel kavramları geliştirmek için, erken başlamak ve öğretim etkinliklerinin tüm süresi boyunca sürekliliği sağlamak gerekir. Ayrıca bu kavramın daha çok gelişebilmesi için bu işlemin doğal sayılarda çıkarma ve bölme işlemleriyle ilişkilendirilmesi özel bir önem taşımaktadır (Lazić vd., 2017). Çünkü bu yaş öğrencileri günlük hayatta doğal sayılarda basit toplama ve çıkarma işlemleri yaparak bir sorunun çözümünü bulmaktadır (Kocaoğlu ve Yenilmez, 2010). Ancak kesirlerdeki işlemlerde geçerli olan kuralların doğal sayı işlemlerinden farkları öğrencilerde kavram karmaşasına yol açmaktadır. Örneğin doğal sayılarda bir çarpma işleminde sonuç çarpılan sayıdan her zaman büyük çıkmaktadır. Ama bu durum, kesir işlemlerinde geçerli olmayabilir. Üçte bir ile üçte iki kesirini çarptığımız zaman dokuzda iki kesirini buluruz, bu da daha küçük bir sonuç demektir. Dolayısıyla kesirler doğal sayılara göre gösterim şekli ve kuralları itibariyle farklı bir matematik konusudur (Yazgan, 2007).

Kesirlerin kavramsal bilgisi; kesirlerin ne anlama geldiğini bilmek, büyüklükleri ve fiziksel niceliklerle ilişkilerini anlamak olarak tanımlanmakla birlikte kesirlerle aritmetik işlemlerin neden matematiksel olarak doğrulanması gerektiği ve öğrencinin neden o cevapları verdiklerini anlamaları olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, bir öğrenci, kesirlerle bölme işlemi yaparken böleni ters çevirerek ve ters çevrilmiş böleni bölünen sayı ile çarparak kesirli sayılarda bölme işlemlerini çözmek için işlemsel bilgiye sahip olabilir, ancak bu işlemin matematiksel olarak neden doğrulandığı ve neden o cevapları verdiği konusunda kavramsal bilgiden yoksun olabilir (Fazio ve Siegler, 2011). Kavramsal bilgiyi tam olarak anlamayan öğrenci kesir kavramlarını akılda tutmakta zorluk çekmektedir (Groff, 1996).

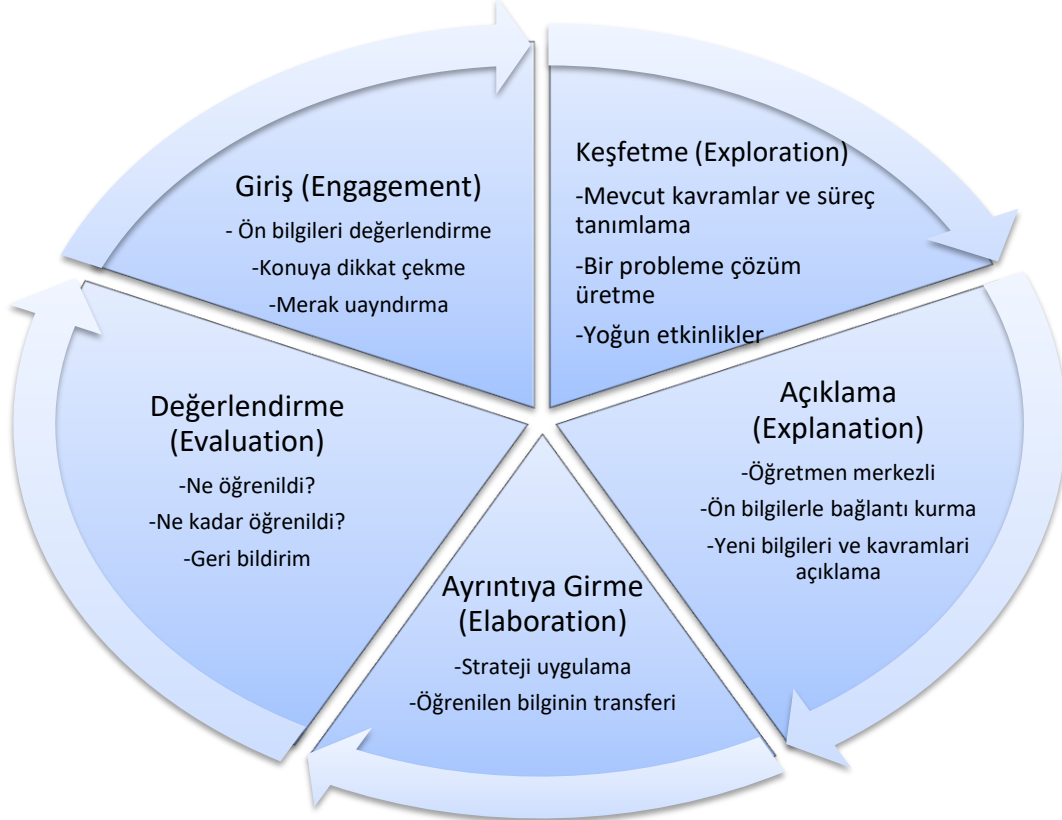
Bu zorluğu aşmak için Kesirlerin öğretiminde geleneksel öğretim yöntemleri yerine güncel ve çağdaş öğretim yöntemlerinin kullanımına daha fazla önem verilmesi gerekmektedir (Groff, 1996). Kavramsal zorlukları aşmanın bir diğer yolu, manipülatifleri ve kesirlerin görsel temsillerini kullanmaktır. Kesirlerin görsel temsillerini kullanarak kesir aritmetiği öğreten çalışmalar, öğrencilerin hesaplama becerileri üzerinde olumlu etkiler göstermiştir (Fazio ve Siegler, 2011). Somut materyaller, işlemleri hesaplamak veya matematiksel doğrulama için basit araçlar olarak değil, ilişkisel düşüncenin gelişimini desteklemek için kullanılmaktadır (Empson vd., 2011). Bu bağlamda kesir kavramının öğrencilerin zihninde yer bulması için, kesir ifadelerinin görselleştirilmesi, somutlaştırılması ve modellerle gösterilmesi öğrencinin kesir kavramını daha iyi anlamasını sağlayacağından öğretmenlerin de somut materyallerden faydalanmaları gerekmektedir (Doğan, 2018). Buna paralel olarak Şiap ve Duru (2004) kesrin parçalarının daha iyi kavranması için yazılışında somut modeller kullanmanın öğrencilerin kesrin parçalarının sayısal anlamını daha iyi kavradığını vurgulamışlardır.

3B materyallerin somut modellere en iyi örnek olduğu düşünülürse bu araştırma sürecinde üretilip kullanılan 3B materyallerin, öğrencilerin kesir kavramını daha iyi anlamalarını sağlayacağı söylenebilir. Tüm bu sebeplerden dolayı kesirlerin öğretiminde 3B yazıcıların kullanımının kavram kargaşalarını gidermekle beraber kesir kavramının öğrencinin zihninde daha iyi yer bulmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

1.5.3. 5E Öğrenme Halkası Modeli

1980'lerin sonlarından bu yana, kullanılan bir öğretim modeli olan 5E öğrenme halkası modeli şu aşamalardan oluşur: Giriş, keşfetme, açıklama, ayrıntıya girme ve değerlendirme. Her aşamanın kendi içinde belirli bir işlevi vardır ve öğretmenin tutarlı öğretimine ve öğrencilerin bilimsel ve teknolojik bilgiyi, tutum ve becerileri daha iyi anlamasına katkıda bulunur (Bybee vd., 2006).

Şekil 12. 5E Öğrenme Halkası Modeli



Kaynak: Bybee, 2009.

5E öğrenme halkası modelinin ilk aşaması olan Giriş kısmında, öğretmen, konu üzerine öğrencilerin dikkatini çekmeye çalışır. Öğrencilerin dikkatini konu üzerinde düşüncelerini sağlayıcı, merak uyandırıcı ve heyecan uyandırıcı durumlar oluşturulup öğrencilerin konu hakkındaki ön bilgileri belirlendikten sonra kullanıma hazır hale getirilebilir (Senemoğlu, 2020: 627). Ayrıca bu aşamada konunun günlük yaşam ile bağlantısı da kurularak öğrenci motivasyonuna katkı sağlanabilir (Boz Yaman, 2020). Öğretmenin rolü, öğrencinin derse aktif katılabileceği karışık olmayan etkinlikler düzenlemek ve öğrenme çıktılarını belirlemektir. Öğretmen ayrıca etkinlikler için kural ve prosedürleri belirler. Burada bahsedilen etkinlikler hem zihinsel hem de fiziksel etkinlikler olarak ele alınır (Bybee, 2009). Bu bağlamda bu araştırmada kullanılan 3B yazıcı ile ve yazıcıdan çıktı alınması başlı başına öğrenci dikkatini derse çekmeye yetebilir. Örneğin; öğrencilere zihinlerinde konu üzerine düşüncelerini sağlayıcı, “Nasıl bir materyal üretebiliriz? sorusu öğrencinin uzamsal görselleştirme becerisini sürece dahil edip konuya dikkatini çekebilecektir.

5E öğrenme halkası modelinin ikinci aşaması olan Keşfetme kısmı, genel olarak en önemli aşama olup, öğrencilerin kavramlara ve bilgiye eriştiği sorgulayıp incelemeler yaptığı, bilgiyi yapılandırdığı kısımdır (Boz Yaman, 2020). Bu aşamanın etkinliklerinin, tüm öğrencilerin bilgi ve becerilerini geliştirmeye devam edecekleri ortak, somut deneyimlere sahip olmaları yönünde tasarlanması gerekir. Giriş aşaması bir dengesizliğe yol açarsa, keşfetme aşaması bunu dengeleme görevini üstlenir. Bu aşamanın öğrenciler için somut ve anlamlı olması gerekir. Etkinliklerin amacı, öğretmenlerin ve öğrencilerin daha sonra bilimsel becerileri tartışmak için kullanabilecekleri deneyimler oluşturmaktır. Etkinlik sırasında öğrencilerin bilgi ve becerilerini keşfedebilecekleri bir bölüm olması gerekir. Keşfetme aşamasında öğretmenin rolü, koçluktur. Öğretmen etkinliği başlatır ve her öğrencinin problem ile ilgili nesnelere, materyalleri ve durumları araştırmaları için zaman ve fırsat sunar. Gerektiğinde öğretmen, öğrencilere açıklamalar veya çözümler önerip koçluk rehberlik edebilir. Keşif aşamasında somut malzemelerin kullanımı ve somut deneyimler esastır (Bybee, 2009; Kanlı, 2010) . Bu aşamada öğretmen, öğrencilerin küçük gruplar halinde çalışabilecekleri bir etkinlik tasarlayabilir. Bu etkinliği kısaca açıklayıp bitirmeleri için onlara kavram haritası verebilir, etkinlikle ilgili deney veya sunum gibi etkinlikler yapmalarını da isteyebilir (Lord, 1999; Senemoğlu, 2020).

5E öğrenme halkası modelinin üçüncü aşaması Açıklama aşamasıdır. Açıklama; kavramların, süreçlerin veya becerilerin sade bir şekilde, net olarak anlaşılır hale geldiği eylem veya süreç anlamına gelmektedir. Bu aşamada öğrenciler, kendi keşfettiği ve öğrendiği çözüm yollarını paylaşır; öğretmen ise diğer aşamalara göre daha aktiftir, öğrenciye yasalar ve kuralları sunar ve öğrencilerin öğrendiği kavram ve tanımları kendi cümleleriyle açıklaması için rehberlik eder. Daha sonra öğretmen bilimsel ve teknolojik açıklamaları doğrudan ve biçimsel bir şekilde yapar. Özellikle öğrencinin yapacağı açıklamaları bilim dilini kullanarak yapması beklenir. Bu aşamanın en önemli noktası, kavramları ve becerileri kısaca, basit, açık ve doğrudan sunmak ve ardından bir sonraki aşamaya geçmektir. Açıklama aşaması öğretmen tarafından yönlendirilir ve bugünün tabiriyle “doğrudan öğretim” olarak adlandırılır (Bybee, 2009; Kanlı, 2010; Güneş, 2016; Boz Yaman, 2020; Senemoğlu, 2020).

5E öğrenme halkası modelinin dördüncü aşaması olan Ayrıntıya Girme aşamasında sürecin bir parçası olarak öğrenci grupları içindeki etkileşimler önemlidir. Grup tartışmaları

ve işbirlikli öğrenme durumları, öğrencilerin konuyla ilgili anladıklarını ifade etmelerine ve kendi anlama düzeylerine çok yakın olan diğer kişilerden geri bildirim almalarına olanak tanır. Ayrıntılandırma aşaması aynı zamanda öğrencilerin aynı veya benzer problem durumlarını açıklamaları ve yeni problem durumlarına çözüm üretmeleri için fırsat yaratır. Öğrenmenin transferi, kavram ve becerilerin geliştirilmesi, detaylandırma aşamasının temel amacıdır (Bybee, 2009; Senemoğlu, 2020). Ayrıca bu aşamada öğrencilerin kavram yanlışlarının giderilmeye çalışılması önerilmektedir (Güneş, 2016).

5E öğrenme halkası modelinin beşinci aşaması olan Değerlendirme aşamasında öğrenciler, açıklamalarının ve yeteneklerinin yeterliliği hakkında geri bildirim alırlar. Bu süreç, öğrencilerin öğrenmelerine ilişkin izleme ve düzey belirleme değerlendirmelerini kapsamaktadır. Gayri resmi değerlendirme, öğretim dizisinin başlangıcından itibaren gerçekleşebilir. Öğretmen esasında sadece bu aşamada değil her aşamada öğrencileri izleyip, etkinliklere ilişkin görüşlerini ve cevaplarını alarak bilgiyi yapılandırmada ne kadar başarılı olduklarını belirlemesi gerekmektedir (Bybee, 2009; Boz Yaman, 2020; Senemoğlu, 2020). Ancak bu kısımda öğretmen değerlendirme yaparken, öğrencilerin öğrendiklerini resmi olarak değerlendirebilir (Kanlı, 2010). Değerlendirme aşamasında yalnız öğretmenin değerlendirmesi yer almamaktadır. Bu aşama, aynı zamanda öğrencinin kendini sorgulayıp öğrenip öğrenmediğini açıkladığı bir bölümdür. Değişimin farkında olan öğrenci gelecekte yapacağı diğer araştırmalar için de motive olur. Bu nedenle bu aşamanın diğer araştırma ve etkinliklere katılımının sürdürülebilirliği açısından önemli olduğu söylenebilir (Özkan, 2009). Bu aşamada en önemli konu, öğrencilerin geribildirim almasıdır. Geri bildirim, öğretmenler tarafından verilen testler, performans değerlendirmesi için verilen etkinlikler ile gerçekleştirilebilir (Kanlı, 2010).

Dünyada ve Türkiye'de eğitim kademelerinde yapılandırmacı yaklaşımı temel alan ve bir eğitim modeli olarak kullanılan 5E öğrenme halkası modelinin (Ergin, 2012), keşfetme basamağında somut nesnelerin kullanılmasının esas olduğu (Bybee, 2009) düşünüldüğünde 3B yazıcılarla üretilen materyallerin sürece dâhil edilirken bu model kapsamında kullanılabileceği ön görülmüştür.

Yapılandırmacı yaklaşıma göre her öğrenci öğrenme sürecinde aktif olarak rol alır. Ayrıca konuyu sadece teorik olarak öğrenmek yerine yaparak yaşayarak bilgisini pratiğe

dökebilecek şekilde öğrenmesi beklenmektedir. 5E modeli öğrenme sürecinde öğrenciyi sürekli aktif tutarak öğrencide araştırma-sorgulama becerisini ve bilimsel süreç becerilerini ortaya çıkaran bir yapılandırmacı modeldir. Bu bağlamda araştırmada kesirler konusunun 3B yazıcılar ve onlar aracılığıyla üretilen materyallerle işlenmesi, 5E öğrenme halkası modelinin ortaya koyduğu savlara uygun düşmesi dolayısıyla ders planları hazırlanırken 5E öğrenme halkası modeli kapsamında oluşturulmasına karar verilmiştir. Ayrıca alanyazında 3B yazıcılarla ilgili yapılan birçok araştırmada 5E öğrenme halkası modeli kullanıldığı görülmüştür (Prayaga vd., 2015; Kaya vd., 2019; Pizzolato vd., 2020; Wang vd., 2020; Lenhart ve Sturmer, 2021; Spyros vd., 2021;). Bu da araştırmada bu modelin kullanılması için bir diğer etken olmuştur.

2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

3B yazıcıların sahip olduğu avantajlar sayesinde çok çeşitli alanlarda etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Alan yazın taramasında üç boyutlu yazıcıları farklı boyutlarda ele alan birçok araştırma olduğu tespit edilmiştir. Araştırmanın bu bölümünde eğitim alanında kullanılan üç boyutlu yazıcılar ve kesirler konusunun öğretimine ilişkin yapılmış olan yurt içi ve yurt dışı çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. YURT İÇİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çapar (2006) yaptığı çalışmada, üç boyutlu çalışmaların 9-12 yaş arasındaki çocukların yaratıcılık eğitimine olan katkısını incelemiştir. Bir ilköğretim okulunun 6. sınıfında yer alan 67 öğrenci çalışmaya katılmıştır. Geleneksel öğretimin kullanıldığı kontrol grubu ve kil ile üç boyutlu şekillendirmeleri kapsayan sanat eğitimi programı uygulanan deney grubunda nicel veriler için ‘Başarı Testi’ ve ‘Kille Üç Boyutlu Çalışma Yapma Becerilerini Değerlendirme Formu’ uygulanmıştır. Nitel veriler için ise ‘Öğrenci Görüşme Formu’, ‘Ders Gözlem Formu’ ve ‘Öğrenci Kişisel Bilgi Formu’ kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, kontrol grubuyla deney grubu arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaya katılan deney grubu öğrencileri, 6 hafta devam eden çalışma sürecine ilişkin olumlu görüş belirtmişlerdir.

Eyüpoğlu Karaoğlu (2019) tarafından hemşirelik öğrencilerinin eğitiminde 3B yazıcıların kullanılmasının öğrenmeye ne kadar etki edeceğini ölçmek amacıyla deneysel bir çalışma yapılmıştır. Çalışmanın örneklemini bir devlet üniversitesinin Sağlık Bilimleri

Fakültesi Hemşirelik Bölümü'nde okuyan 35'i kontrol, 35'i deney grubu olan 70 kişi oluşturmuştur. Verilerin toplanmasında kişisel bilgi formu, eğitim bilgisi formu, memnuniyet formu ve ünite izleme formu kullanılmıştır. Kontrol grubunda öğretim programına uygun bir ders işlenirken deney gruplarından birinde üç boyutlu yazıcılar kullanılarak eğitim verilmiş, diğerinde ise tam öğrenme modeline uygun bir eğitim verilmiştir. Çalışma sonucunda gruplar arasında her iki deney grubu lehine anlamlı farklılık saptanmıştır. Ancak, 3 boyutlu yazıcılarla yapılan eğitimin daha az bir zamanda öğrenmeyi gerçekleştirmesi ve kalıcılığının olması iki grup arasındaki en önemli farklılıktır. Çalışmanın diğer deney grubu yani tam öğrenme eğitim grubunda ise öğrenme yine de gerçekleşmiştir. Ancak Bu grupta öğrenme süreci daha fazla zaman aldığı için bir dezavantaj meydana getirmektedir. Ayrıca, 3B model grubunun eğitimden memnuniyetleri yüksek bulunmuştur.

Gür Karabulut (2019) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'deki Mimarlık programlarında lisans düzeyinde verilen eğitimde 3B yazıcı teknolojilerinin eğitimi ve kullanımı irdelenmiş ve durum değerlendirmesi yapılmıştır. Araştırmada Türkiye'deki bütün üniversitelerin mimarlık bölümleri araştırmaya dâhil edilmiş ve bu bölümlerde verilen dersler ve derslerin içerikleri incelenerek, derslere teknolojinin entegre edilip edilmediği irdelenmiştir. Araştırmanın sonucunda, Türkiye'de 3B yazıcıların ve ilgili teknolojilerin mimarlık eğitimine dâhil edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Hem devlet hem de vakıf üniversitelerinin mimarlık bölümlerinde, teknolojinin kullanımının kısıtlı imkânlar nedeniyle eğitim programlarına yeterince entegre edilememiş olduğu saptanmıştır. Mimarlık eğitiminde dijital tasarım ve üretim süreçlerine yeterince yer verilmediği bulgusuna ulaşılmıştır.

Aydın, vd. (2020), 3B yazıcı ile üretilmiş olan bir modelin beşinci sınıf tıp öğrencilerinin eğitiminde kullanılmasının öğrenmedeki etkisini ölçmeyi hedeflemişlerdir. Katılımcılara yaklaşık 15 soruluk çoktan seçmeli lenf nodu istasyonları ve zonları ile ilgili 15 dakikalık sınav uygulanmıştır. Bu çalışma protokolü beşinci sınıf staj döngüsüne iki kez uygulanıp iki boyutlu ve 3 boyutlu görseller kullanılan öğrenciler gruplandırılmıştır. Her grubun sınav başarısı değerlendirilmiş ve iki grup birbiri ile kıyaslanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, 3 boyutlu modeller kullanılarak verilen eğitimde anatomik yapıları görsel biçimde anlamada kolaylık sağlandığı görülmüştür. Her iki modelle eğitim alan grupta

öğrenilenlerin kalıcılığının etkili olduğu görülmüştür. 3B yazıcılar ile üretilen mediasten modeli ile anlatılan öğrenci grubu, power point ile anlatılan öğrenci grubuna göre daha fazla soru sayısı ortalamasına sahip olup anlamlı farklılık saptanmıştır.

Avinal (2019) tarafından yapılan çalışmada, “üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle tasarlanan etkinliklerin altıncı sınıf vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğretimine etkisi” incelenmiştir. Araştırmanın örneklemini bir devlet ortaokulundaki altıncı sınıfta öğrenim gören 60 öğrenci oluşturmuştur. Deney grubunda üç boyutlu yazıcı temelli tasarlanan etkinlikler kullanılırken, kontrol grubundaki öğrencilere ise mevcut program etkinlikleri kullanılmıştır. Araştırma sonucuna göre, kontrol ve deney grubu öğrencilerinin akademik başarıları karşılaştırıldığında deney grubu öğrencilerinin lehine anlamlı bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme formuna göre üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle geliştirilen etkinliklerle desteklenen derslerin eğlenceli ve aktif geçtiği tespit edilmiştir.

Yüksel (2015) tarafından yapılan çalışmada “okul öncesi dönemde tasarım ve üretimin, çocukların bilişime yönelik algılarındaki değişikliğe etkisi” incelenmiştir. Araştırma, 2014–2015 Eğitim-Öğretim yılında bir devlet üniversitesinin uygulama anaokulunda bulunan 5 yaş çocukları arasından seçilen 5 anaokulu öğrencisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, çocuklarla 3 boyutlu modelleme programında tasarımlar gerçekleştirilmiş ve yapılan tasarımların somut çıktıları 3 boyutlu yazıcıdan alınmıştır. Araştırmada, yarı yapılandırılmış gözlem formu ve gözlem notları kullanılmıştır. Sonuç olarak, 3 boyutlu tasarım ve imalatın bilişime yönelik öğrenci algısına olumlu katkı sağladığı belirlenmiştir. Çocukların tasarım ve üretim etkinliklerinden çok memnun oldukları, merak ve isteklerinin arttığı belirlenmiştir.

Çekirge (2019) 3B yazıcı kullanımının öğrencilerin akademik başarı, tutum, motivasyon ve eleştirel düşünme eğilimlerine etkisini inceleyen bir araştırma yapmıştır. Araştırma 7. Sınıfta öğrenim gören 35 öğrenci ile yürütülmüştür. Araştırma sonucunda dijital materyallere ek olarak fiziksel materyallerin bir sonraki hafta öğrencilere gösterildiği deney grubunda akademik başarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Deney grubu öğrencilerinin derse yönelik tutumlarının kontrol grubu öğrencilerine göre anlamlı bir şekilde olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gürel Taşkiran (2019) yaptığı çalışmada, “Fen eğitiminde 3B yazıcıların kullanımının öğrencilerin tutumlarına ve 3B yazıcı ile ilgili görüşlerine etkisi”ni incelemiştir. Araştırmanın örneklemini 53 tane 7. Sınıf öğrencisi ile 55 tane 8. Sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Uygulama 10 hafta sürmüş ve bu süreç boyunca dersler 3B yazıcı ile uygulamalı olarak işlenmiştir. Veriler “Fen Eğitiminde 3B Yazıcıların Kullanımına Karşı Tutum Ölçeği” ve “Öğrencilerin 3B yazıcı hakkındaki görüşleri” aracılığıyla toplanmıştır. Araştırma sonucunda öğrencilerin tutumlarında uygulama öncesine göre anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Nitel verilerin analizi sonucunda, öğrencilerin fen eğitiminde 3B yazıcı kullanımı ile ilgili oldukça olumlu görüşlere sahip olduğu, 3B yazıcının fen eğitiminde kullanımına karşı öğrencilerin farkındalık düzeylerine olumlu yönde katkı sağladığı belirlenmiştir.

Küçüksolak (2019) tarafından yapılan çalışmada, 3B yazıcı teknolojisinin ortaokul ve lise öğrencilerinin bu teknolojiye ilişkin algı, tutum ve davranışları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma, bir belediyenin Üç Boyutlu Yazıcı ve Tasarım Merkezi’nde ortaokul ve lise öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Veriler geleneksel anket tekniği ile toplanmış olup araştırmaya 600 kişi katılmıştır. Araştırma sonucunda öğrenciler üç boyutlu yazıcı teknolojisinin ilginç ve heyecan verici olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin eğitime yönelik olumlu bir tutuma sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmaya göre, öğrencilerin eğitim öncesi üç boyutlu yazıcı algılarının düşük olması, eğitim süreci sonunda kısmen de olsa yükselmesi, uygulama sonunda ise tamamen yükselmesi, eğitim ve uygulamayla bu teknolojiye ilişkin algılarının değiştiğini göstermektedir.

Çelik (2018) ilköğretim 5. sınıf öğrencilerinin Tasarım Odaklı Doğaçapma etkinliği durumundaki girişimcilğe yönelik bilgileri, öğrenme ve 3B bilişim araçlarıyla üretim yapma deneyimlerini betimlemiştir. Araştırma, Ankara’daki özel bir okulda Bilişim Teknolojileri ve Yazılım dersinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu bu okulda öğrenim gören tüm 5. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Öğrencilerden annesinin ihtiyacı olan bir ürünü tespit etmeleri, bu ürünü 3B yazıcı ile üreterek anneler gününde hediye etmeleri ve deneyimlerini sınıfla paylaşmaları istenmiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak anket, görüşme, gözlem, doküman inceleme ve girişimcilik bilgi testinden yararlanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; Tasarım Odaklı Doğaçapma etkinliği katılımcıların girişimcilik bilgisi düzeylerini artırdığı ve 3B bilişim araçlarıyla üretim

hakkındaki görüşlerinin farklılaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, farklı doğaçyapma öğrenme düzeylerine sahip olduğu görülen katılımcıların üretim süreci sonunda hedefledikleri ürünle ilgili fikirlerine bağlı kaldıkları görülmüştür. Bununla birlikte öğrencilerin fikrini değiştirebilme farkındalığı kazandığı ve bu farkındalığı ürün geliştirme eylemlerine yansıttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Akbaba (2017) yapmış olduğu çalışmasında, okullarda maker ve STEM eğitim hareketlerini incelemiştir. Araştırma betimsel bir çalışmadır ve veri toplama aracı olarak yarı-yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubu toplam 12 devlet ve özel okul öğretmenlerinden oluşmuştur. Çalışmada öğretmenlerin en yeni teknolojilerden olan 3B yazıcılar yardımıyla nesne tasarlayıp basma gibi kendin yap kültürü ile teknolojinin bir araya getirildiği Maker hareketleri ve STEM hakkında öğretmenlerin görüşleri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda Maker ve STEM hareketlerinin öğretmenlerde heyecan uyandırdığı, mesleklerine olan istek ve mutluluk duygularını arttırdığı tespit edilmiştir.

Özsoy (2019) tarafından yapılan çalışmada 3 boyutlu (3B) baskı teknolojisinin eğitimde uygulanabilirliği incelenmiştir. Araştırmada, 3B baskı teknolojisi ile bazı nesnelerin tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiş olup nitel araştırma desenlerinden fenomenolojik desen kullanılmıştır. Araştırma sonucunda öğrencilerin, 3B baskı teknolojisinin eğitimde uygulanabilirliği ile 3B düşünebilme kabiliyetini elde etmeleri sağlanmıştır. Ayrıca 3B baskı teknolojisi kullanımının öğrencilerin analitik düşünmesine; zihinsel, mesleki ve toplumsal gelişimlerine olumlu katkı sağladığı görülmüştür.

Karaduman (2018) yaptığı çalışmada 3 boyutlu yazıcılar ve üretilen modellere ilişkin sosyal bilgiler öğretmen adaylarının görüşlerini ve onların bakış açısıyla bu modellerin sosyal bilgiler dersine katkısını incelemiştir. Nitel araştırma yöntemi kullanılan araştırmada bir devlet üniversitesinin 20 öğrencisiyle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılarak veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, öğretmen adayları, üç boyutlu yazıcıları soyut olanı somuta dönüştürebilen, öğrenme-öğretme sürecinde kullanışlı materyaller üretilen, öğrenme-öğretme sürecine üçüncü boyutu katan, öğrencinin dokunma duyusunu harekete geçiren ve bu bağlamda öğrenmeyi kolaylaştıran devrimsel bir teknoloji olarak tanımlamışlardır.

Güneş, vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, 3 boyutlu yazıcı kullanımının öğrencilerin ar-ge yeteneklerinin gelişmesine etkisi incelenmiştir. Çalışmada, öğrencilerin proje ödevlerindeki tasarımlarını prototipe dönüştürüp iyileştirme yapılacak kısımları belirleyebilmeleri ve bu uygulamanın öğrenme verimliliğine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin öğrencilere üretime hazır ürünler oluşturmada, tasarımsal hataları belirleyip tasarım fikirlerini hayata geçirmede, karşılaştıkları problemleri çözmede faydalı olduğu savunulmuştur. Bununla birlikte proje ödevlerinin teslimi sonrasında 3 boyutlu yazıcılarda üretim yapan öğrencilerin, yazıcı kullanmayan öğrencilere göre problemleri çözme ve daha doğru üretilebilir tasarımlar meydana getirme konusunda daha başarılı oldukları görülmüştür.

Kökhan ve Özcan (2018), 3 boyutlu yazıcıların eğitim alanındaki kullanımı ve bu yazıcıların potansiyel kullanım alanlarını incelemişlerdir. Araştırmada, eğitim ortamında üç boyutlu baskı teknolojisinin etkin bir şekilde kullanımı ile çok farklı alanlarda farklı deneyimler yaşandığı belirtilmiştir. Matematik dersinde üç boyutlu objelerin tasarlanabildiği ve yazdırılabildiği, vurgulanmıştır. Araştırmaya göre, zorlu kavramların öğrencilere açıklanmasında, öğrencilerin ilgisini çekerek daha etkin derse katılımlarının sağlanmasında, öğrencilerin sınıf içi etkileşimlerini kolaylaştırmasında 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin büyük faydalarının olduğu belirtilmiştir. 3B yazıcıların bu faydaları sayesinde öğrencilerin kariyerlerine hazırlanarak kendileri için değerli beceriler kazanabileceği görüşü vurgulanmıştır. Bunun yanında bu teknolojinin yaygın olarak kullanılması ile öğrencilerin soyut kavramları elle tutulur nesnelere dönüştürüp somutlaştırabilecekleri, yaratıcılık ve yenilikçi düşünce yeteneği kazanabilecekleri belirtilmiştir.

Özsoy ve Duman'ın (2017) yaptıkları çalışma, üç boyutlu yazıcıların eğitimde kullanılabilirliği ve bu teknolojilerin tanıtılması üzerine bir araştırmadır. Araştırmacılar 3B yazıcı teknolojilerinin eğitim alanında kullanılabilmesi için okullardaki alt yapının uygun olması, yazılım ve donanım erişiminde herhangi bir aksaklığın olmaması gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca bu teknolojiyle öğrencilerin 3 boyutlu düşünme kabiliyetinin, tasarım becerilerinin, analitik düşünme becerilerinin geliştirilebileceğini ve proje tabanlı öğrenime geçiş sağlanabileceğini savunmuşlardır.

Gülyüz, Dilber ve Erdoğan (2019) tarafından yapılan çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM uygulamaları kapsamında 3B yazıcı kullanımına ilişkin görüşleri incelenmiştir. Araştırmanın sonunda Üç boyutlu yazıcıların kullanıldığı STEM eğitiminde, bilginin somutlaştırılmasını sağlayan ortamların öğretmen adaylarına problem çözme, analiz ve sentez gibi üst düzey zihinsel becerileri daha etkin bir şekilde kazandırdığı tespit edilmiştir. 3B yazıcıları kullanan öğretmen adaylarının kendi tasarladıkları soyut nesnelere kolay bir şekilde somut hale dönüştürebildikleri gözlenmiştir. Bu çalışmada öğretmen adayları, tasarım programlarını kullanarak tasarım becerisi kazanmış ve bu sayede de çevresinde bulunan problemleri tespit edip çözümler üretmeye başlamışlardır. Ayrıca 3B yazıcıları kullanmanın öğretmen adaylarının çözüm odaklı ve daha üretken olmalarını sağladığı tespit edilmiştir. Bunun yanında, öğretmen adayları 3B yazıcıları tanımlarken; öğrenmede kolaylık sağlayan, soyutu somutlaştıran, öğrenme sürecinde materyal desteği sağlayan ve 21. yy becerilerine ait olan bir teknoloji olarak.

Taştı, Avcı Yücel ve Yalçınalp (2015) yapmış oldukları çalışmada matematik öğretmen adaylarının 3B modelleme programı kullanılarak öğrenme materyalleri geliştirme süreçlerini araştırmışlardır. Araştırmaya, bir vakıf üniversitesindeki dokuz öğretmen adayı katılmıştır. Veri toplama aracı olarak yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına öğretmen adayları, 3B materyal geliştirme sürecinde soyut kavramları somutlaştırmada, öğrenme sürecinin daha kolay hale gelmesinde ve öğrenmenin kalıcı olmasında 3B modelleme programının etkili olması nedeniyle programa karşı olumlu görüş belirtmişlerdir.

Çopur (2019) tarafından 3B yazıcı kalem teknolojisinin geometri derslerinde kullanımının etkililiğini incelemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Araştırmaya 10. sınıfta bulunan 12 öğrenci katılmıştır. Sınıf içinde öğrencilere, katı cisimler konusu ile ilgili, 3B yazıcı kalem ve 3B yazıcı kalemle uyumlu olarak hazırlanmış iki çalışma kâğıdı uygulanmıştır. Etkinlik sonrasında öğrenci ve öğretmenlerin görüşlerini almak için görüş formu uygulanmıştır. Araştırma sonucuna göre bu çalışma kağıtlarının öğrenme-öğretme sürecinde kullanılması olumlu etki gösterdiği tespit edilmiştir. 3B yazıcı kalemle uyumlu bu çalışma kağıtlarının ve 3B yazıcı kalemle meydana getirilen materyallerin, öğrencilerin konuyu keşfetmesini ve kavramasını sağladığı tespit edilmiştir.

Yılmaz ve Algil (2018) tarafından yapılan çalışmada bir matematik eğitimcisinin öğretim sürecinde kullanacağı ders materyallerini kendisinin tasarlayıp üretmesinin eğitimciye sağlayacağı kolaylık ve katkılar incelenmiştir. Çalışmada, bireysel olarak tasarlanıp üretilen materyallerin olmasının eğitimcilere çok fazla kolaylıklar sağladığı, geleneksel öğretim teknikleri dışına çıkılıp, öğrenci ve eğitiminin hayal gücünü destekleyen bir yapısının olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yaparak-yaşayarak öğrenme metodunun öğrencilerin ilgisini çekmede, öğretilen konunun kalıcılığını sağlamada, matematik hakkındaki olumsuz fikirleri ortadan kaldırmada etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte geometri derslerinde şekillere değişik açılardan bakabilmenin düşünce gücünün gelişmesini sağladığı vurgulanmıştır.

Koç (2019) tarafından yapılan çalışmada 4. Sınıf matematik dersinde proje tabanlı öğrenme yaklaşımının kullanılmasının öğrencilerin başarılarına ve üstbilişsel farkındalıklarına etkilerini incelemiştir. Çalışmanın deney grubunda 36, kontrol grubunda 34 öğrenci yer almıştır. Araştırma "Kesirler" ünitesi üzerinde gerçekleştirilmiş olup beş hafta sürmüştür. Deney grubunda proje tabanlı öğrenme yaklaşımı kullanılmış, kontrol grubunda ise mevcut öğretim programında yer alan yöntem, teknik ve etkinlikler kullanılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak "Kesirlere Karşı Başarı Testi" ve "Çocuklar İçin Üst Bilişsel Farkındalık Ölçeği A-Formu" kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda, deney grubunun akademik başarı son test puanları ile üstbilişsel farkındalık son test puanları kontrol grubunun akademik başarı son test puanları ile üstbilişsel farkındalık son test puanlarına göre anlamlı bir farklı bulunmuştur. Elde edilen bulgular sonucunda bu araştırmada, proje tabanlı öğrenme yaklaşımının, ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin Matematik dersi, "Kesirler" ünitesinde, başarılarına ve üstbilişsel farkındalıklarına olumlu yönde bir katkı sağladığı görülmektedir.

Yaman (2019) çalışmasında, kesirler konusu ile ilgili hazırlanan öğretim materyallerinin 4. Sınıf öğrencilerinin akademik başarıları, matematik ve bilgisayara yönelik tutumlarına etkilerini incelemiştir. Çalışmada ön test - son test kontrol gruplu desen kullanılmıştır. Çalışmanın katılımcıları bir devlet okulunda öğrenim gören 60 öğrencidir. Konu, deney grubuna kesirler ile ilgili saydamların bilgisayara aktarılmasıyla hazırlanan materyaller ile anlatılmıştır. Kontrol grubunda herhangi bir değişiklik yapılmadan mevcut öğretim programı dışına çıkılmadan bir öğretim uygulanmıştır. Veri

toplama aracı olarak başarı testi, matematik tutum ölçeği ve bilgisayara yönelik tutum ölçeği kullanılmıştır. Araştırmanın bulgularına göre, öğrencilerin akademik başarı son test puanlarının anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Ek olarak, deney grubu ve kontrol grubu öğrencilerin bilgisayara yönelik tutumlarında da anlamlı farklılaşma bulunmamıştır. Fakat deney ve kontrol gruplarının matematik tutumları arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir.

Atalay (2017) ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin kesirler konusunda bilgisayar animasyonları yardımıyla problem kurma becerilerini belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın yöntemi olarak aksiyon araştırması yaklaşımı belirlenmiştir. Çalışmanın örneklemini, bir devlet okulunun 4. sınıfında öğrenim gören 27 öğrenci oluşturmuştur. Çalışmada veri toplama aracı olarak; Problem Kurma Veri Ölçeği, Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu ve çalışma kâğıtları kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; bilgisayar animasyonları yardımıyla kesirlerle problem kurma çalışmalarının öğrencilerin problem oluşturma yeteneklerini yeterince geliştirmediği, "doğru" kategorisinde problem kuramayan öğrencilerin birim kesirlerden ve eşit kesir sayılarından daha fazla yararlandıkları, problem oluşturma basamağında uygulamada sorun yaşadıkları, öğrencilerin problem kurmada verilenler ve istenenler arasındaki bağlantıyı tam olarak ilişkilendiremedikleri tespit edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin bilgisayar animasyonları yardımıyla kesirlerle problem kurma ve çözme etkinlikleri sonucunda, kesirleri okuma, kesirlerde sıralama, kesirlerde toplama, kesirlerde çıkarma, verilen kesir kadarını boyama, kesirlerde modelleme konularını daha iyi kavradıkları ve pekiştirdikleri görülmüştür. Görüşme formu sonuçlarına göre ise öğrenciler, animasyonlarla ders işlemeye istekli olduklarını, özellikle soyut derslerde animasyonlarla ders işlemenin faydalı olduğunu, animasyonların problem kurma becerilerini geliştirdiğini ifade etmişlerdir.

Doğan-Temur (2011), çalışmasında kesir öğretimine yönelik öğretmenlerin görüşlerini ve deneyimlerini öğrenmek için nitel araştırma metotlarından olgubilim araştırma tekniğini kullanmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu altı sınıf öğretmeni oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak yarı-yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Öğretmenler somut bir öğretim gerçekleştirmek için oyun, drama, çeşitli meyveler, somut materyaller, tekerlemeler, sınıf eşyaları, kesir takımları gibi etkinlik ve materyallerden yararlandıklarını söylemişlerdir.

Doğan (2018), sınıf öğretmenlerinin kesrin anlamlarına yönelik bilgilerini tespit etmek ve kesir öğretiminde kullanılacak modellerden hangilerini, kesrin hangi anlamı için kullandıklarını belirlemek amacıyla bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada karma yöntemin eşzamanlı üçgenleme deseni kullanılmıştır. Çalışmada nicel veri toplama aracı olarak akademik başarı testi kullanılmıştır. Araştırmada nitel verileri toplamak maksadıyla yarı-yapılandırılmış görüşme formu ve gözlem formu kullanılmıştır. Araştırmada nicel veriler 266 kişiden toplanmış, nitel veriler ise gönüllü olan 14 sınıf öğretmeninden toplanmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre, sınıf öğretmenlerinin kesir modellerini gösterim şekillerinin kesrin alt anlamlarına göre değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca sınıf öğretmenleri tarafından en çok modellenen kesrin alt anlamının parça bütün anlamı olduğu ve genel olarak en çok kullanılan modelleme türünün ise alan modeli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Kan (2019) tarafından yapılan çalışmada, dördüncü sınıf kesirler alt öğrenme alanında Gerçekçi Matematik Eğitimi (GME) yönteminin öğrenci akademik başarısına ve tutumuna etkisi araştırılmıştır. Nicel olarak yürütülen çalışma bir devlet okulunun ilkökul dördüncü sınıflarında iki aylık süreyle gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak öğrencilerin akademik başarılarını ölçmek için matematik başarı testi ve tutumlarını ölçmek için matematik tutum ölçeği kullanılmıştır. Deney grubunda öğretim, GME yöntemi ile, kontrol grubuna ise geleneksel yöntemle öğretime devam edilmiştir. Etkinliklerde gerçek hayatta karşılaşılabilecek problemler kullanılmıştır. Problem çözme sürecinde öğrencilerin kesirler ünitesindeki kavramlara kendilerinin erişmesi sağlanmıştır. Kontrol grubuna ise konu ile ilgili tanım ve kavramlar ders kitabı temel alınarak hazır bir şekilde verilmiş ve konuyla ilgili sorular öğretmenle birlikte çözülmüştür. Uygulama sonucu, 'Kesirler' konusunu GME ile öğrenen öğrencilerin akademik başarılarının, kalıcılık oranlarının ve matematik tutum bildirimlerinin, geleneksel yöntem ile öğrenen gruba göre daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Ankay (2019) yaptığı çalışmada 5E öğretim modeline dayalı eğitim bilişim ağı (EBA) kullanımının öğrencilerin matematik başarılarına, matematiğe yönelik tutumlarına ve bilgilerinin kalıcılığına etkisini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışmaya bir devlet okulunun 5. sınıf şubeleri içerisinde biri deney grubu ve biri kontrol grubu olmak üzere toplam 76 öğrenci katılmıştır. Araştırma süresince "Kesirlerde Toplama ve Çıkarma

İşlemleri" konusu, deney grubunda EBA destekli öğretim yapılarak, kontrol grubunda mevcut öğretim programında yer alan etkinlikler kullanılarak işlenmiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak Matematik Başarı Testi ve Matematik Tutum Ölçeği kullanılmıştır. Araştırma sonucunda deney ve kontrol grubunun son test puan ortalamaları arasında deney grubu lehine artış olsa da istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır. Öğrencilerin matematik dersine yönelik tutumları üzerinde ise olumlu ya da olumsuz bir etki gözlenmemiştir. Ayrıca, hem deney hem de kontrol grubunda öğrenmelerin kalıcı olmadığı saptanmıştır. Araştırma sonucunda EBA kullanılarak yapılan matematik öğretiminin öğrenci başarısını olumlu yönde etkilediği ortaya çıkmıştır.

Aydın Çolak (2019) yapmış olduğu çalışmada ilköğretim 4. sınıf matematik dersi, doğal sayılarda çarpma-bölme işlemi konusunun öğretiminde, 5E öğrenme modelinin öğrencilerin akademik başarılarına ve başarılarının kalıcılığına olan etkisini incelemiştir. Araştırma 2017-2018 eğitim-öğretim yılında Samsun'da özel bir ilkokulda uygulanmıştır. Dersler kontrol grubunda mevcut geleneksel öğretim yöntemleri, deney grubunda ise 5E öğrenme halkası Modeline göre planlanan ders etkinlikleri uygulanarak yürütülmüştür. Araştırmada, son test ve kalıcılığa bakılmış ve karma desen kullanılmıştır. Veri toplama aracı olarak 'Doğal Sayılarda Çarpma-Bölme İşlemi Öğretimine Yönelik Akademik Başarı Testi' uygulanmıştır Ayrıca deney grubu öğrencileri ile 5E öğrenme halkası yaklaşımına yönelik görüşlerini tespit etmek amacıyla yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmış ve öğrencilerin etkinlikler sonrası günlük tutmaları sağlanmıştır. Araştırma sonucunda deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son test ve kalıcılık puanları açısından deney grubu öğrencileri lehine anlamlı bir farkın ortaya çıktığı gözlenmiştir.

Demir (2018) tarafından yapılan araştırmada, ilkokul 4. sınıf fen bilimleri dersi öğretiminde 5E öğrenme modeli baz alınarak hazırlanan etkinliklerin kullanılmasının öğrencilerin akademik başarılarına, bilimsel süreç becerilerine, kavram yanlışlarına ve fen dersine yönelik tutumlarına nasıl etki edeceği araştırılmıştır. Araştırmada, ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desen modeli kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini toplam 41 öğrenci oluşturmuştur. Veri toplama aracı olarak; akademik başarı testi, bilimsel süreç becerileri testi, kavram yanlışlarını belirleme testi ve fen dersine yönelik tutum testleri ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Araştırmanın bulgularına göre, deney ve kontrol gruplarında elde edilen son test ortalamalarında gruplar arasında akademik başarı, kavram

yanılırları ve fen dersine yönelik tutum bakımından deney grubu lehine farklılık oluşmakla birlikte bu farklılığın anlamlı düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Bunun aksine bilimsel süreç becerileri bakımından ise deney grubu lehine anlamlı bir farklılık meydana geldiği tespit edilmiştir.

Gürbüz'ün (2015) yaptığı araştırmada beşinci sınıf öğrencilerinin matematik dersi kesirler alt öğrenme alanında 5E öğrenme modeline uygun etkinliklerin kullanılmasının akademik başarılarına ve derse karşı tutumlarına etkisi incelenmiştir. Çalışmaya 5. sınıfta öğrenim görmekte olan toplam 51 öğrenci katılmıştır. Dersler deney grubuna 5E öğrenme halkası modeline uygun hazırlanmış etkinliklerle, kontrol grubuna ise mevcut öğretim programı dışına çıkılmadan geleneksel bir şekilde matematik ders kitabına göre işlenmiştir. Ön test-son test kontrol gruplu deneysel model kullanılan araştırmada, veriler akademik başarı testi ve tutum ölçeği ile toplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, deney grubunun akademik başarı testi ve tutum ölçeği son test puanlarının kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüş olup bunun da 5E öğrenme halkası modelinin kesirler konusundaki öğrenci akademik başarılarını olumlu yönde etkilediğinin bir göstergesi olduğu vurgulanmıştır. Araştırmanın nitel kısmında matematik dersine yönelik öğrenci görüşlerini öğrenmek için öğrencilerden resim yapmaları istenmiştir. Uygulama öncesinde ve sonrasında yapılan resimler ve görüşme sonuçlarına göre, 5E öğrenme halkası modelinin öğrenci nezdinde; öğretmen imajını olumlu yönde etkilediği, matematik dersinin niteliğini arttırdığı ve daha zevkli hale getirdiği görülmüştür.

2.2. YURT DIŞINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Mcvay (2014) tarafından yapılan çalışmada, dokunsal öğrenen görme engelli öğrencilere yardımcı olmak için 3B yazıcı kullanarak elde taşınabilir model geliştirme seçenekleri araştırılmıştır. Araştırmada geometrik Öklid şekilleri, katı cisimlerin hacimleri ve uzayda çok değişkenli kalkülüs modelleri kullanılmıştır. Araştırma sonunda, dokunsal modellerin her türlü öğrenme stilinde yararlı olmasının yanında 3B bir modeli tutmanın ve elde döndürmenin, sadece kâğıt üzerindeki bir 3B taslaktan çok daha öğretici olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hoopes (2018), bir üniversite trigonometri sınıfında, 3B yazıcılarla üretilmiş manipülatif materyallerin trigonometrik özdeşliklerin kanıtlanmasında kullanımının

etkililiğini araştırmıştır. Araştırma Youngstown State Üniversitesi'ndeki iki farklı trigonometri sınıfında bulunan 35 öğrenci ile yapılmıştır. Her sınıfa farklı öğretmenler girmiş ve Sınıf A'da 3B yazdırılmış manipülatörler, Sınıf B'de ise kâğıttan yapılmış manipülatörler kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda, 3B yazıcılarla üretilmiş olan manipülatif materyallerin kullanımının, düşük başarılı öğrencilere, yüksek başarı gösteren öğrencilerden daha fazla fayda sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yapılan anketten öğrencilerin grup çalışmasından zevk aldıkları ve problemleri akranlarıyla konuşabildikleri sonucuna varılmış olmakla beraber bu manipülatiflerin öğrencilerin matematik kaygısını azalttığı, kendilerine olan özgüvenlerinin artmasında da etkili olduğu gözlenmiştir.

Vrbas ve Rickard (2018) tarafından yapılan araştırma projesinde, STEM konularını sunmak için 3B baskı kullanımının etkisi ve STEM eğitime girişin STEM konuları ile 3B baskı bilgisinde bir değişiklik sağlayıp sağlamadığı incelenmiştir. Toplam 95 lise öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirilen çalışmada katılımcılara STEM eğitimi, 3B baskı ile ilgili bilgi ve ilgiyi ölçen bir ön anket uygulanmıştır. Öğrencilere “Teknoloji ile ilgileniyor musunuz?”, “Teknoloji temelli bir kariyerle ilgileniyor musunuz?” ve “Üniversiteye gitmeyi düşünüyor musunuz?” soruları sorulmuştur. Ancak anlamlı bir farklılık oluşmamıştır. Araştırmacılar bunun sebebinin STEM ve 3B sunumundaki eksik bilgilerden kaynaklanabileceği ve bu nedenle de daha fazla modifikasyonun dikkate alınması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca araştırmanın verilerinin analizi sonrasında STEM kariyer bilgisinde önemli bir değişiklik olduğu kanıtlanmıştır. 3B yazıcılarla üretilmiş ürünlerin öğrencilerin STEM konularını sunmada, 3B baskı ve STEM bilgisini artırmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Kwon (2017)'un yaptığı araştırmada 3B baskı ve tasarımın öğrenci motivasyonu, ilgi alanları, matematiksel ve gerçek yaşam becerileri üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırma, 47 ortaokul öğrencisi ile 2 haftalık yaz STEM kampında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırma sonucunda 3B baskı ve tasarım kullanımının öğrencilerin motivasyonlarında, ilgi alanlarında, gerçek yaşam becerilerinde ve uzamsal görselleştirme, açıları ölçme, dönüşüm geometrisi gibi bazı matematik becerilerinde istatistiksel olarak anlamlı artış sağladığı saptanmıştır. Öğrencilerin, program sırasında yeni materyalleri öğrenmeye karşı motivasyonları, 3B ve tasarıma ilgi duyma puan ortalamaları yüksek olarak bulunmuştur. Ayrıca araştırma sonunda öğrencilerin

gerçek yaşam becerilerine sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Stansell (2016), tarafından yapılan çalışmada bir STEM kitabı kullanılarak zaman içinde benimsenebilecek değişime örnek bir araç sağlayıp STEM'in öğrenci algıları, okul tutumu, akademik başarı ve tercih edilen aktivite türleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Temel bulgular, 3B yazıcı kullanan öğrencilerin matematik başarısının daha yüksek ve matematik algısının daha olumlu olduğunu göstermiştir. Ayrıca, öğrenciler akranlarıyla iletişim kurmak ve mevcut bir problem anlayışını sorgulamak da dâhil olmak üzere çeşitli kaynaklarla etkileşime girerek oluşturdukları bilginin anlamlı bir şekilde uygulanmasına dayalı 3B yazıcılar yardımıyla fiziksel olarak bir ürün üretebilmişlerdir.

Drakoulaki (2017) çalışmasında, 3B baskının öğrenmeyi ve yükseköğretimde bilgi inşası ve öğrencilerin öğrenme deneyimleriyle ilişkisini incelemiştir. 3B baskı faaliyetleri, süreç olarak öğrencilere bir üniversite ortamında robotik prototipleme kursu sırasında yürütülmüştür. Bu çalışmada bilgi keşfi ve öğrencilerin algılarının incelenmesi amaçlandığından, nitel bir araştırma yaklaşımı kullanılmıştır. Araştırma Norveç'teki bir üniversitede gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın katılımcıları sekiz öğrenci ve derslerine giren bir profesörden oluşmaktadır. Veri toplama araçları katılımcı gözlemleri ve yarı yapılandırılmış görüşmelerdir. Araştırma sonuçları, öğrencilerin 3B baskı sürecinde tasarım, görselleştirme, test etme, montaj, yeniden tasarım ve baskı gibi çeşitli bilgi uygulamalarına etkin bir şekilde katıldığını göstermektedir. Ayrıca bir araç ve bir süreç olarak 3B baskının, öğrencilere sağladığı farklı bilgi birikimlerinin yanı sıra, keşif ve bilgi inşası için fırsatlar sunduğu, hem öğrenciler hem de öğretmenler için 3B baskının öğrenme amaçları doğrultusunda yararlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Moore (2018) yaptığı çalışmada dijital üretimin yani 3B yazıcıların üstün yetenekli öğrencilerin bilim, teknoloji, mühendislik alanlarına yönelik bilgi ve yakınlığına olan etkisini incelemiştir. Kuzey-orta Teksas'taki iki kırsal ortaokulda bulunan 20'si üstün zekâlı öğrenci olmak üzere yaklaşık 198 yedinci sınıf öğrencisi bu nicel çalışmaya katılmıştır. Veri toplama aracı olarak anketler kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Araştırma sonucuna göre, 3B yazıcıların kullanıldığı deney grubundaki üstün yetenekli öğrenciler, bilim ve mühendislik kavramlarına olan yakınlıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir. Ayrıca

öğrencilerin uygulama sonunda bilim ve mühendislik konularına daha olumlu bir duygu gösterdiği tespit edilmiştir.

Agarwal vd., (2014) STEM alanlarında görme bozukluğu olan öğrencilerin düşük temsilini ele almak için, bilimsel imgeleri ve kavramları erişilebilir hale getiren 3B basılı öğretim araçlarına duyulan ihtiyacı değerlendirmek için alanyazın ve görüşme tabanlı bir araştırma yürütmüşlerdir. 3B yazıcıların STEM okuyan ve görme bozukluğu olan lise öğrencileri için ders konularını öğrenmelerine yardımcı bir araç olarak hizmet ettiğini belirtmişlerdir. Öğretmenler, öğrenciler, akademisyenler ve diğer profesyonellerle yapılan görüşmelerden elde edilen verilere göre matematik grafikleri, cebirsel denklemler, kimyasal reaksiyonlar, anatomi ve biyolojik süreçlerin yanı sıra dokunsal grafiklerin sınırlarını gösteren 3B modellere ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca araştırmada DNA ve RNA gibi biyoloji konularını içeren bir dizi orijinal 3B nesne tasarlanıp yazdırılmış ve böyle bir öğrenme aracının, görme engelli öğrencilerin bu konuları daha iyi anlamalarını sağlayacağı belirtilmiştir.

Tillman, vd. (2014) tarafından 3B baskının matematiksel düşünmeyi nasıl etkilediğini ve öğrenci tutumlarını incelemek için yapılan bir araştırmada, dijital üretim etkinlikleri sırasında öğrenciler, gerçek bir soruna gerçek bir çözüm üreten yenilenebilir enerji geliştirme projesi hazırlayarak, rüzgâr türbinleri için bıçaklar tasarlayıp oluşturmuşlardır. Araştırma sonucunda dijital üretim etkinliklerine dayalı uygulamalı deneyimlerin, çoktan seçmeli testler gibi daha geleneksel değerlendirme yöntemlerinde üstünlük sergilemesi gerekmeyen bazı öğrenciler için önemli olduğu tespit edilmiştir. Yapılan etkinliğin öğrencilerin tutumlarına olumlu katkı sağladığı ve en önemlisi öğrencilerin rüzgâr türbinleri için kanatlar tasarlayıp oluşturarak yenilenebilir enerji geliştirmesi ile matematiksel düşünme becerilerini de artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Huleihil (2017), matematik ve geometriyi öğretmek için 3B baskının kullanılmasının öğrencinin başarısını artırıp artırmayacağını incelemiştir. Yöntem olarak deney ve kontrol grubunun karşılaştırılmasına dayanan araştırmanın sonucunda, matematik ve geometri öğretmek için 3B baskının kullanılmasının öğrencinin akademik başarısını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. 3B baskı kullanımının, yazdırılacak nesnenin (küp, küre, kutu ve silindir) seçimini, nesnenin boyutlarının seçimini, nesneyi CAD programında

temsil etmeyi ve nesneyi yazıcıya göndermeyi içerdiğinden öğrenme için alternatif bir yöntem sağladığı ve yansıtıcı düşünme becerileriyle ve eleştirel düşünmeyi geliştirdiği ifade edilmiştir. Ayrıca araştırmaya katılan 6. sınıf öğrencilerinin matematiğe olan yansıtıcı düşünme yeteneklerinin anlamlı derecede arttığı tespit edilmiştir.

Herrera vd., (2019) yapmış oldukları araştırmada, 3B araçların kullanımı ile öğrencilerin uzamsal matematiksel becerilerinin nasıl etkileneceğini incelemişlerdir. Dört yıl boyunca kontrol ve deney gruplarında testler uygulanmış ve öğrencilerin final notları, başarısızlık oranları ile görselleştirme becerisinin gelişimi analiz edilmiştir. 993 öğrenciden oluşan bir örneklem ile yapılan araştırmanın sonuçları, 3B yazıcıların kullanımının uzamsal matematiksel becerileri geliştirmek için olumlu bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca 3B araçların, öğrencilerin sadece uzamsal becerileri kazanmalarına ve geliştirmelerine yardımcı olmakla kalmayıp, aynı zamanda mevcut neslin öğrencileri için motive edici ve ilgi çekici bir kaynak olarak da kullanılabileceği belirtilmiştir.

Ford ve Minshall (2019) tarafından yapılan çalışmada ise 3B yazıcıların eğitim sisteminde nerede ve nasıl kullanıldığının araştırıldığı toplam 280 makaleden oluşan bir alanyazın taraması yapılmıştır. Araştırmada 3B yazıcıların okullarda, üniversitelerde, kütüphanelerde ve özel eğitim alanlarında olmak üzere dört ana ortamda kullanıldığı belirtilmiştir. Ayrıca 3B yazıcıların bu ortamlarda altı kullanım kategorisinin bulunduğu belirtilmiş ve bunlar şu şekilde sıralanmıştır: Öğrenmeye yardımcı olan nesnelere üretmek, öğrenmeye yardımcı teknolojileri tanıtmak, eğitimcilerle 3B baskı hakkında bilgi vermek, öğrencilere 3B baskı hakkında bilgi vermek, derslerde kullanarak öğretimi desteklemek ve sosyal yardım faaliyetlerini desteklemek. Bununla birlikte 3B yazıcıların, öğretim programlarında öğrencilere ürün ve mühendislik tasarım süreçlerini tanıtmak için hızlı prototipleme ile düşük maliyetli üretim gerçekleştiren bir araç olarak da kullanılabileceği belirtilmiştir.

Chen vd. (2017)'nin yaptığı çalışma bir matematik öğretmeni ve bir bilişim teknolojileri öğretmeni ile Güney Tayvan'daki teknoloji odaklı bir lisenin üçüncü sınıfında 10 öğretim saati olacak şekilde planlanmıştır. Eylem araştırması olarak yapılan çalışmada işbirliğine dayalı öğretim süreci ve öğretime yardımcı olmak için 3B yazıcılar kullanılmıştır. 3B yazıcıların derste kullanımı öğrencilerden yüksek kabul görmüştür.

Araştırma sonuçlarına göre, öğrencilerin katılım ve başarı duygusunun arttığı, daha çok çalışma girişiminde buldukları tespit edilmiştir. Uygulama sonrasında öğrenci görüşlerinden yola çıkılarak matematik dersindeki öğrenme deneyiminin olumlu ifadelerden oluştuğu belirtilmiştir. Bunun yanında öğretmenler ise derslerde 3B yazıcıların kullanımının öğrencilerin öğrenme motivasyonunu artıran sorunsuz bir öğretim tekniği olduğunu ifade etmişlerdir.

Budinski vd. (2019) yaptıkları çalışmada, disiplinlerarası eğitimde malzeme bilimi, 3B baskı ve matematik bağlantısını incelemiştir. Çalışmada 3B yazıcıların piyasadaki erişilebilir ve satın alınabilir olması nedeniyle, sınıflarda öğrenmenin geliştirilmesi sürecinde kullanılabilir hale geldiğini ifade etmişlerdir. Araştırmada, bir nesnenin modellenmesinden üretilmesine kadar olan tüm 3B baskı sürecinin; kavramsallaştırmaya, görselleştirmeye, sorgulamaya ve eleştirel düşünmeye katkı sağladığı vurgulanmıştır. Ayrıca 3B yazıcıların sınıfta kullanımının Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Sanat ve Matematik'i birleştiren STEAM konseptini desteklemek için mükemmel bir araç olduğu belirtilmiştir.

Wisdom ve Novak (2020)'nin yaptıkları çalışma ilköğretim öğretmenlerinin 3B baskı teknolojisi ve fen bilgisi dersine entegrasyonu hakkında bilgi edinmelerine yardımcı olmak için bir 3B baskı projesi olarak tasarlanmıştır. Araştırmada, önce öğrencilerin Tinkercad yazılımını kullanarak bir tekne tasarımları için işbirliği içinde çalışmaları sağlanmış daha sonra öğrencilere 3B baskı teknolojisi ve tarihi tanıtılmıştır. Son olarak öğrencilere üç hafta boyunca sınıf dışında küçük bir teknenin 3B baskı projesini tamamlamaları istenmiştir. Çalışma sonucunda, 3 boyutlu baskı projesi etkinlikleri öğretmen adayları tarafından olumlu karşılanmış ve 3B baskı teknolojisinin fen müfredatına entegre edilmesine yönelik olumlu tutum ve ilgi sergilemiş oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Paul (2018) yapmış olduğu çalışmada bir matematik dersinde 3B yazıcıdan üretilmiş model kullanımının öğrenciler üzerinde bıraktığı etkiler üzerinde durmuş ve 3B baskılı modellerin derslerde kullanımının öğrencileri motive ederek, öğrenciler arasında anlamlı tartışmayı mümkün kıldığını belirtmiştir. Bu bağlamda öğrencilerin, fiziksel modelin derste öğretileni ortaya çıkararak büyük fikirlerin örneklenip ifade edilmesine

yardımcı olduğu ile ilgili görüş bildirdiklerini, bunun yanında konu ile ilgili aralarında tartıştıklarını gözlemlemiştir.

Stansell ve Tyler-Wood (2016) tarafından yapılan araştırmada STEM projelerinde 3B yazıcı kullanan öğrenciler ile 3B yazıcı kullanmayan öğrenciler arasındaki matematik başarılarını karşılaştırmak için ortaokul düzeyinde bir çalışma yapılmıştır. Çalışmaya tümü ortaokulda bulunan 99 öğrenci katılmıştır. Akademik başarı testi daha önce yayınlanmış TIMSS sorularından geliştirilmiş olup sontestten sonra grupların öntest ve sontest puanları tekrarlanan ölçümlerin karşılaştırması ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, öğrencilerin matematik dersi akademik başarısının, 3B baskı kullanan deney grubu lehine artış gösterdiği gözlenmiştir. Sonuç olarak 3B yazıcı kullanımının matematik dersinde akademik başarıyı artırdığı tespit edilmiştir.

Sun ve Li (2017) yaptıkları çalışmada, matematik öğretiminde yeni bir yöntem olan 3B baskı teknolojisinin öğretmenler ve öğrenciler açısından faydalarını araştırmışlardır. Araştırmada öğretmenlerin, karmaşık geometrik cisimleri ve grafikleri görselleştirmek için uygun olan materyallerin üretiminde 3B baskı teknolojisini kullanabilecekleri savunulmuştur. Öğrenciler açısından ise matematik dersinde 3B baskı teknolojisi kullanımının öğrencilerin soyut matematik kavramları anlamasını ve matematik formüllerini keşfetmesini sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca bu yazıcılar, kavramları ve bilgiyi soyutluktan kurtarıp, öğrencilerin kapsamlı bilgi anlayışlarını ve meraklarını teşvik etmesine yardımcı olan bir araç olarak tanımlanmaktadır.

Maloy vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, ortaokul sosyal bilgiler sınıfında öğretmenler ve öğrenciler tarafından 3B teknolojinin kullanımı incelenmiştir. Öğretmenlerin ve öğrencilerin görüşlerinden yola çıkarak, standartlara dayalı tarihsel konularla ilgili 3B nesnelere modelleme, tasarlama ve yazdırma işlemlerinin sosyal bilgiler sınıfında aktif katılımı öğrenme için bir yapı oluşturabileceği belirtilmiştir. Ayrıca araştırmaya katılan öğrencilerin 3B teknolojisini kullanarak sorgulama ve tasarım yoluyla, kendileri için tarihi bilgiler oluşturduğu ve fikirlerini akranlarıyla paylaştıkları ifade edilmiştir. Çalışmada, 3B baskı ile üretilen nesnelere kullanımının, tarihsel örüntülerin incelenmesinde somut görsellik yaratarak bilginin belirginleşmesine yardımcı olduğu savunulmuştur.

Chien'in (2017) yaptığı çalışmada, öğrencilerin ürün yaratıcılığı, tahmin doğruluğu, öğrenme verimliliği arasındaki farkları belirlemek için 3B baskı ve el yapımı ile üretimin performansı karşılaştırılmıştır. Çalışmaya 182 öğrenci katılmış olup, 3B yazıcı kullanarak üretim yapan öğrencilerin, hem yenilikçiliği hem de gelişmiş bir ürün ortaya çıkarması açısından elle üretim yapan öğrencilerden önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiği görülmüş, üretimi 3B baskı ile yapan öğrencilerin elle yapan gruptaki öğrencilerden çok daha doğru tahmin yürütebildikleri gözlenmiştir. Buna karşın iki grupta öğrenme performansında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Eisenberg (2013) yaptığı çalışmada, 3B baskının çocuklar için erişilebilir hale getirilmesinde aşılması gereken bir takım teknolojik zorlukları ele almış ve bu zorlukların aşılması durumunda çocuklar için her türlü kişiselleştirilmiş eser üretmenin mümkün olabileceğini savunmuştur. Araştırma bir derleme çalışması olup üç boyutlu yazıcıların maliyeti, hangi alanlarda kullanıldığı, çocuklar için önemi gibi bilgilendirmeler yapılmaktadır. Ayrıca üç boyutlu yazıcı kullanımı ile ilgili yetişkinlerin alması gereken önlemler ve eğitimin küçük yaşlarda başlamasının önemi hakkında da bilgilendirmeler yapılmaktadır.

Buehler vd. (2015) tarafından yapılan araştırma, zihinsel engelli öğrencilere 3B baskı öğretiminin kapsayıcı bir bağlamda öğretilmesinin sonuçları üzerine bir çalışmadır. Çalışma 3B baskı eğitimcileriyle yapılan görüşmelerden elde edilen veriler ve zihinsel engelli 12 öğrencinin katılımcı olarak yer aldığı, bir yarıyıldaki 3B baskı üzerine entegre bir dersin analizinden oluşmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, katılımcı olan tüm öğrencilerin çoğunluğu dönem sonu itibarıyla tasarımdan baskıya, süreci bağımsız olarak tamamlayabildikleri için sınıfın başarılı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, araştırmada entegre bir ortam yaratılarak, engelli ve engelsiz öğrencilerin sosyal ve yapıcı bir şekilde etkileşime girebildikleri bir kaynaştırma eğitim ortamı oluşturulmuştur. Bununla beraber çalışmayı yapan araştırmacılar, erişilebilir teknoloji fırsatlarını teşvik etmenin, hem dijital okuryazarlık becerileri sağlanması bakımından hem de bu bireyler hakkında toplum düzeyinde damgalamaları azaltması bakımından önemli bir potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Kostakis vd. (2015), açık kaynaklı 3B baskının teknolojik yeteneklerinin öğrenme ve iletişim aracı olarak ne ölçüde hizmet edebileceğini incelemeye çalışmışlardır. Araştırma Yunanistan'ın Yanya kentinde iki lisede yürütülen üç aylık bir projeden elde edilen verileri içermektedir. 33 öğrenciye açık kaynaklı bir 3B yazıcı ve bir 3B tasarım platformuyla tasarım yaptıktan sonra üretim yapma görevi verilmiştir. Uygulama sonunda, 3B baskının, öğrencilerin bilgiyi ve bilgi paylaşımını keşfederken yaratıcılıklarından faydalanmalarına izin vererek sınıfta önemli bir etkiye sahip olduğu, bununla birlikte çeşitli okuryazarlıklarını ve yaratıcı kapasitelerini de geliştirebileceği sonucuna varılmıştır.

Novak ve Wisdom (2018) yaptıkları çalışmada, işbirliğine dayalı 3B baskı proje tabanlı öğrenme deneyimlerinin, öğretmen adaylarının fen bilgisi öğretme yeterliliği inançlarını, fen öğretimine yönelik kaygılarını, bilime olan ilgilerini, teknoloji-mühendislik bilimi yetkinliklerini nasıl etkilediğini incelemiştir. Çalışmada 42 öğretmen adayı katılımcı olarak yer almıştır. Araştırma sonuçlarına göre, 3B baskı proje tabanlı öğrenme deneyimleri, katılımcıların fen bilgisi öğretim kaygısını önemli ölçüde azalttığı, fen bilgisi öğretme yeterlilikleri inançlarını, bilime olan ilgilerini ve teknoloji-mühendislik bilimi yetkinliklerini geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM

Araştırmanın bu bölümünde, araştırmanın modeli, çalışma grubu, veri toplama araçları, deneysel işlem basamakları ve verilerin analizine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

1. ARAŞTIRMANIN MODELİ VE DESENİ

Bu çalışmada, üç boyutlu yazıcıların ilkökul dördüncü sınıf öğrencilerinin matematik dersindeki kesirler ünitesinin öğretiminde akademik başarılarına etkisini incelemek amacıyla karma modellerden gömülü karma desen kullanılmıştır.

Gömülü karma desen (Mixed method embedded design), karma yöntemlerin eşzamanlı gömülü stratejisi yani hem nicel hem de nitel verilerin aynı anda toplandığı bir veri toplama aşamasının kullanılması olarak tanımlanabilir (Creswell, 2009). Bir çalışmada, bir veri kümesinin, diğer veri türünü destekleyici, ikincil bir rol sağladığı karma yöntem tasarımıdır (Creswell vd., 2003). Bu tasarımın öncülleri, tek bir veri kümesinin yeterli olmadığı, farklı soruların yanıtlanması gerektiği ve her soru türünün farklı veri türleri gerektirmesidir. Bu tasarım, bir araştırmacının deneysel veya ilişkisel tasarım durumunda olduğu gibi nicel bir tasarım içine nitel bir bileşeni yerleştirmesi gerektiğinde özellikle yararlıdır (Plano Clark ve Creswell, 2008: 376).

Araştırmanın nicel kısmında yarı-deneysel desenlerden eşitlenmemiş kontrol gruplu öntest-sontest modeli kullanılmıştır. Yarı deneysel modeller, bilimsel değer bakımından gerçek deneysel modellerden hemen sonra gelmektedir. Daha çok gerçek deneysel desenlerin gerektirdiği kontrollerin sağlanamadığı durumlarda kullanılmaktadır (Karasar, 2018). Araştırmaya başlamadan önce okul idaresiyle yapılan görüşmede öğrencilerin rastgele atama ile gruplandırılmasının eğitim-öğretimin aksamasına sebep olacağı görüşü ön plana çıkmış, bu sebeple de mevcut sınıflarda değişiklik yapılmadan araştırmanın yapılmasına karar verilmiştir. Bu karar neticesinde tez danışmanı ve araştırmacı tarafından araştırmada eşitlenmemiş kontrol gruplu öntest-sontest modelinin kullanılması kararlaştırılmıştır. Bu desen, eğitim araştırmalarında en yaygın kullanılan yarı-deneysel tasarımlardan biridir. Hem öntest hem de sontest uygulanan bir deney grubu ve bir kontrol grubunu içermektedir; ancak kontrol grubu ve deney grubunun deney öncesi örnekleme

denkliği yoktur. Daha ziyade gruplar, okullardaki sınıflar gibi mevcut durumun değiştirilemeyeceği doğal olarak bir arada bulunan topluluktan meydana gelir (Campbell ve Stanley, 1963: 47). Özetle bu modelde grupların yansız atama yoluyla eşitlenmeleri için özel bir çaba harcanmamaktadır; ancak, katılımcıların benzer nitelikte olmalarına olabildiğince özen gösterilmektedir. Ayrıca bunlardan hangilerinin deney, hangilerinin kontrol grubu olacağı da yansız bir seçimle karşılaştırılmaktadır (Karasar, 2004: 102). Araştırmanın desenine ilişkin açıklama Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Eşitlenmemiş Kontrol Grublu Öntest-Sontest Modeli

G ₁	O _{1.1}	X	O _{1.2}
G ₂	O _{2.1}		O _{2.2}

Kaynak: Karasar, 2004

G₁: Kontrol grubu, G₂: Deney grubu

O_{1.1}: Kontrol grubuna uygulanan öntest, O_{2.1}: Deney grubuna uygulanan öntest

O_{1.2}: Kontrol grubuna uygulanan sontest, O_{2.2}: Deney grubuna uygulanan sontest

Araştırmanın nitel kısmında ise; öğrencilere uygulanan yapılandırılmış açık-uçlu görüşme formlarından ve öğrenci ders günlüklerinden elde edilen verilerin yorumlanması yoluyla araştırma sonuçlarına ulaşılmaya çalışılmıştır. Araştırmanın modeline ilişkin açıklama Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırma Modeli

Gruplar	İşlem Öncesi Yapılan Ölçmeler (Öntest)	İşlemler	İşlem Sonrası Yapılan Ölçmeler (Sontest)
Deney Grubu	Başarı Testi	5E öğrenme halkası modeline uygun 3B yazıcıların kullanıldığı etkinliklerle öğretim yapılması	-Başarı Testi -Yapılandırılmış Görüşme -Öğrenci Günlükleri
Kontrol Grubu	Başarı Testi	Öğretim programına dayalı öğretim yapılması	-Başarı Testi

Araştırmanın nitel kısmında deney grubuna uygulanan yapılandırılmış görüşme formundaki açık uçlu sorular ile araştırmanın katılımcılar üzerinde ne gibi bir etki yarattığı, katılımcıların 3B yazıcılar hakkındaki görüşleri, 3B yazıcıların matematik dersinde kullanımını ve matematik dersine etkisi sorularak uygulama hakkında dönütler alınmıştır. Ayrıca deney grubu öğrencilerinden uygulamanın devam ettiği süreç boyunca günlük

tutmaları istenmiştir. Uygulama sürecinde katılımcıların kendi günlüklerini tutması yaşlarının Piaget'in Somut İşlemler Dönemine (7-11 yaş) rast gelmesi nedeniyle soyut düşüncelerini tam olarak yansıtamamasına ve günlüklerin incelenmesinde zorluk yaşanmasına sebep olacağı düşüncesiyle araştırmacı tarafından hazırlanan günlük form öğrencilere verilmiş ve bu formlar incelenmiştir. Buradaki amaç, uygulamanın nicel veriler ile değerlendirilmesinin yanında katılımcıda bıraktığı izlenim ve deneyimlerden yararlanarak uygulama sonucunda anlamlı bir farkın olup olmadığı konusunun da irdelenmesidir.

2. ÇALIŞMA GRUBU

Bu araştırmanın çalışma grubu, Afyonkarahisar ili Merkez ilçesinde bulunan bir İlkokuldaki 4. sınıfta öğrenim görmekte olan 19'u deney ve 19'u kontrol grubunda yer alan toplam 38 öğrenciden oluşmaktadır. Çalışma grubunda 20 erkek ve 18 kız öğrenci mevcuttur.

Tablo 3'te araştırmanın çalışma grubunu oluşturan öğrencilere ilişkin betimsel değerler sunulmuştur.

Tablo 3. Deney ve Kontrol Grubunda Bulunan Öğrencilerin Cinsiyete Göre Dağılımı

Gruplar	Cinsiyet	N	N _(toplam)
Deney Grubu	Kız	8	19
	Erkek	11	
Kontrol Grubu	Kız	10	19
	Erkek	9	

Tablodan da anlaşıldığı üzere araştırma, deney grubunda 19, kontrol grubunda da 19 öğrenci olmak üzere toplam 38 öğrenci üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma için öncelikle teknolojik donanım seviyesi yüksek olan devlet okulları araştırılmış daha sonra araştırmanın yürütüleceği grupların benzer nitelikte olması amacıyla araştırılan okullarda bulunan dördüncü sınıf öğrencilerinin sene sonu matematik dersi not ortalamaları incelenmiştir. Matematik not ortalaması en yakın iki sınıfın bulunması nedeniyle söz konusu okul seçilmiştir. Uygulama öncesi yapılan öntest puan ortalamaları arasındaki farkın anlamsız olması da çalışma grubu için seçilen iki sınıfın benzer nitelikte olduğunu doğrular niteliktedir.

3. DENEYSEL İŞLEM BASAMAKLARI

Programın hazırlanması ve uygulanmasını kapsayan deneysel işlem sürecine ilişkin aşamalar aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir:

3.1. DERS PLANLARININ HAZIRLANMASI

“Kesirler Ünitesi” öğretiminde 3B yazıcıların kullanımının katılımcıların akademik başarılarını nasıl etkilediğini araştırmak üzere düzenlenen bu araştırmada, öncelikle 2018 yılı matematik dersi öğretim programı çerçevesinde “Kesirler Ünitesi”nin öğretiminin kaç hafta süreceği planlanmıştır. Daha sonra 3B yazıcılar yardımıyla hazırlanan öğretim materyalleri ile etkinliklerinden yararlanılarak oluşturulan 5E öğrenme halkası modeli temelli ders planları hazırlanmıştır. Ders planlarının Bybee (2009) tarafından geliştirilen ve beş aşamadan oluşan 5E modeline göre hazırlanmasının sebebi; bu modelin öğrencilerin merak duygularını artırmayı, bilgiyi keşfetmelerini, keşfettikleri bilgilerini terimsel olarak ifade etmelerini, öğrendiklerini günlük hayatlarına ya da farklı alanlara transfer etmelerini sağlayan bir yaklaşım olmasıdır (Aydın Çolak, 2019).

Milli Eğitim Bakanlığı'nın öğretim programı dışına çıkılmayacak şekilde hazırlanan günlük planlarda sırasıyla kazanımlar, kullanılacak materyaller, giriş, keşfetme, açıklama, ayrıntıya girme ve değerlendirme kısımları 5E modeline uygun olarak düzenlenmiştir. Araştırmacı tarafından kaynak taraması sonucunda hazırlanan görsel ve doküman boyut ağırlıklı ders planları, 3B yazıcılar kullanılarak oluşturulan etkinlikler, oyunlar ve değerlendirmeler kısımlarını içermektedir. Bu günlük planlar, alanında uzman 3 akademisyenin görüşüne sunulmuş ve planların uygulanabilirliğini kontrol etmeleri istenmiştir.

Hazırlanan günlük ders planlarının kazanımları ve süreleri aşağıdaki gibidir:

- “M.4.1.6.1. Basit, bileşik ve tam sayılı kesri tanımlar ve modellerle gösterir.” kazanımını dört ders saati,
- “M.4.1.6.2. Birim kesirleri karşılaştırır ve sıralar.” kazanımını üç ders saati,
- “M.4.1.6.3. Bir çokluğun belirtilen bir basit kesir kadarını belirler.” kazanımını üç ders saati,

- “M.4.1.6.4. Paydaları eşit olan en çok üç kesri karşılaştırır.” kazanımı üç ders saati,
- “M.4.1.7.1. Paydaları eşit kesirlerle toplama ve çıkarma işlemi yapar.” ve “M.4.1.7.2. Kesirlerle toplama ve çıkarma işlemlerini gerektiren problemleri çözer.” kazanımları üç ders saati.

Araştırmacı tarafından hazırlanan ve dört haftalık program süresince deney grubundaki katılımcılara uygulanacak olan ders planlarına yönelik görüşleri almak üzere alan uzmanı 3 akademisyenin görüşlerine başvurulmuştur. Alan uzmanı akademisyenlerden alınan geri bildirimler doğrultusunda hazırlanan planların uygulanabilir ve geçerli olduğu belirlenmiştir. Ders planlarında kullanılan öğretim materyallerinin hazırlanma ve üretim süreci aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

3.2. ÖĞRETİM MATERYALLERİ HAZIRLAMA VE ÜRETİM SÜRECİ

Geleneksel öğretim yöntemlerinde, öğretme-uygulama şeklinde verilen matematik öğretim süreci, genellikle bir doğru yanıtı bulunan soruların çözümlerinin bulunmasına yöneliktir ve öğrenme ortamları belirleyicidir. Öğretim materyalleri ise, araştırmaya yönlendirici ortamlar hazırlayarak öğrencilerin, serbest bir şekilde çalışmalarına imkân sağlar. Derslerde öğretim teknolojileri ve öğretim materyallerinin kullanımı ve geliştirilmesinin, öğretim eksikliklerinin giderilmesinde etkili olabildiği söylenebilir (İnan, 2006). Bunun yanında Avcı (2013), öğretimde materyal kullanımının faydalarını şu şekilde sıralamıştır:

- Çeşitli öğrenme ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlar,
- Somutlaştırmayı sağlar,
- Öğrencilerin hatırlamalarını kolaylaştırır,
- Derslerde zaman tasarrufu sağlar,
- Öğretmenlerin ve öğrencilerin ders amacının dışına çıkmasını engeller,
- Eğitim-öğretim maliyetlerinin düşmesini sağlar,
- Sınıf ortamına getirilmesi ve ulaşılması çok zor olan olay, olgu ve varlıkların incelenmesini sağlar,
- Karmaşık içerikleri basitleştirerek anlamayı kolaylaştırır,
- Öğrencilerin dikkatlerini toplamasına yardımcı olur.

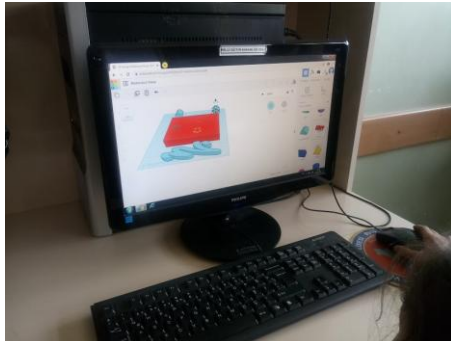
Ancak bu öğretim materyalleri gelişigüzel hazırlanıp öğrencilere sunulamaz. Öğretim

materyallerini hazırlayıp üretmeden önce mutlaka tasarımının yapılması gerekmektedir. Bir binanın yapılmadan önce planlamasının yapılması gibi bir materyalin de üretilmeden önce tasarlanması gerekmektedir (Yanpar Yelken, 2017). Ders materyali geliştirme aşamalarını Yanpar Yelken (2017), yedi aşamada şu şekilde açıklamıştır:

1. Kazanım belirlenir,
2. Etkinliklerde yer alacak içerik ve süreç tasarlanır,
3. Etkinliklerde yer alacak olan materyaller tasarlanır,
4. Materyal üretimi için gerekli araç ve gereçler belirlenir,
5. Seçilen araç ve gereçlerle materyalin üretimine geçilir,
6. Öğretim sürecinde materyal uygulanır,
7. Uygulama sonuçları değerlendirilir.

Söz konusu aşamalar ders öncesi araştırmacı tarafından oluşturulan materyallerin üretimi öncesinde teker teker uygulanmıştır. Uygulama öncesinde ücretsiz bir Web 2.0 uygulaması olan Tinkercad programı Şekil 12’de görüldüğü gibi deney grubu öğrencilerine tanıtılmış ve kullanımı öğretilmiştir. Böylelikle öğrencilerin uygulama sırasında 3B model yani materyal tasarımı yaparken zaman kaybının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Tinkercad programının ücretsiz ve web tabanlı olup kurulum gerektirmeden herhangi bir tarayıcı aracılığıyla erişilebilir olması, aynı zamanda günümüz öğrencilerinin rahatlıkla kullanabileceği kolaylıkta olması bu programın seçilme nedenlerindedir. Tinkercad ile modelleme yapan öğrenciler kendi çabalarıyla ürettikleri materyalleri derslerde kullanırken bazı becerilerinin de gelişebileceği düşünülebilir. Bu hususta Trust ve Maloy (2017) 3B yazıcılarla materyal üretiminin, öğrencilerin 3B modelleme, yaratıcılık, teknoloji okuryazarlığı, problem çözme, kendi kendine öğrenme, eleştirel düşünme gibi bir takım becerileri geliştirdiğini belirtmişlerdir.

Şekil 13. Tinkercad Programının Öğretimi



Bazı materyallerin ders esnasında öğrenciler tarafından ders planlarında belirtilen yönergeler doğrultusunda üretimi söz konusu olduğu için bu tasarımlar üç boyutlu yazıcı teknolojisi kullanılarak uygulama sırasında somut modeller haline getirilmiştir. Bu aşamalar araştırmanın “Uygulama Süreci” başlığı altında ayrıntısıyla anlatılmıştır. Bazı materyallerin ise araştırmacı tarafından dersten önce üretilmesi söz konusu olduğundan o haftanın konusuyla ilgili modeli ya da modelleri araştırmacı, materyal geliştirme ilkeleri ve aşamalarını da dikkate alarak üç boyutlu yazıcı yardımıyla üretmiştir.

3.3. ETKİNLİK GELİŞTİRME

Herhangi bir ders için düzenlenecek tüm etkinliklerin, bir öğrenme kuramına dayandırılması, uygun stratejilerin izlenmesi ve etkin yöntemlerin kullanılması gerekir. Öğrenme-öğretme etkinlikleri sürecinde bir kısım öğretim materyali gerekli olup, öğretmen tarafından geliştirilen materyallerin kullanılmasının yanında bu materyallerin öğretmen rehberliğinde öğrenci tarafından hazırlanması ve geliştirilmesi, öğrencinin sürece etkin katılımı bakımından önem arz etmektedir. Literatür incelendiğinde görülmüştür ki; 3B yazıcıların avantajları ve özellikleri sayesinde, öğrenciler bilimsel kavramları öğrenirken hayal güçlerine güvenmelerinin yanında aynı zamanda baskı sürecinde akran tartışmalarına ve keşiflere katılarak aktif öğrenme sürecine dâhil olmaktadır. 3B yazıcı kullanarak yeni ürünler için fikirler ortaya koymak kolaydır. Diğer taraftan makinelerin kullanımının da kolay olması, öğrencilerin ürün ortaya koyarken yaratıcı fikirler bulmasını kolaylaştırmaktadır (Chien, 2017). Bununla birlikte öğrencilerin yazıcıları kullanmayı öğrenmesiyle birlikte, akranlarıyla ortak ürün oluşturma motivasyonu artmaktadır (Horvath, 2014: 151). Farklı öğrenme ve öğretme kuramlarına göre tasarlanıp geliştirilen öğretim materyallerinin nitelikleri ve kullanım biçimleri hatta öğrencide gözlemlenecek gelişmeler de birbirinden farklı olacaktır (Ersoy ve Ardahan, 2003). Bu bağlamda çalışmada 3B yazıcılar kullanılarak üretilen materyaller kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan 5E öğrenme halkası modelinin yapılandırmacı yaklaşıma uygun olduğu göz önünde bulundurulduğunda, düzenlenen etkinliklerde ele alınan konularda çoklu temsil (somut nesnelere ve araçlar, görsel resim ve şekiller, rakam, harf vb sembolik anlatımlar) kullanımı, öğrencilerin kendi bilgilerini yeniden yapılandırma ve etkin biçimde paylaşmada öğrenme ortamlarının düzenlenmesi açısından çok önemlidir.

Öğrenme süreci içerisinde öğrenci, katılımcı ve etkin bir konumda iken; öğretmen, öğrenme ortamını hazırlayan, düzenleyen bir rehber konumdadır. Öğrenme sürecinde çeşitli araçların kullanılması eğitim ortamını zenginleştirmekte, öğrencileri güdülemekte ve isteklendirmektedir. Bilişsel yönden farklı düzeyde olan öğrencilerin, matematik çalışırken veya öğrenirken değişik biçimde açıklamalara, farklı temsil etme yaklaşımlarına gereksinimleri olur, birbirinde farklı hızda öğrenirler. Öğrenmenin ve öğrenilen bilginin kalıcı olmasının sağlanmasında kuramsal bilgi aktarımının görsel etkinliklerle desteklenmesinin, etkileşimli bir öğrenme ortamının sağlanmasının büyük önemi vardır (Ersoy ve Ardahan, 2003). 3B yazıcılar ile üretilen materyaller ve bunları hazırlama süreci bu görselliği fazlasıyla karşılamaktadır.

3.3.1. Etkinlik Geliştirme Süreci

Etkinlik geliştirme süreci temel olarak üç basamaktan oluşmaktadır. İlk basamakta etkinliğin planlanması vardır. Planlama basamağı, sürecin en önemli basamağıdır. Bu basamakta etkinlik planlanırken, ilk olarak etkinliğin amacı ve hedef kitle belirlenir (Kaplan, 2020). Bu bağlamda, etkinlik amacının dersin kazanımlarına yönelik olması için seçilen konunun kazanımları, bilişsel basamak düzeyi de göz önünde alınarak incelenmiştir. Bunun için seçilen ünitenin kazanım belirtke tablosu oluşturulmuş ve bu tablo üzerinde kazanımlara ilişkin hangi düzeyde etkinlik hazırlanması gerektiği belirlenmiştir. Bu tespitlerin ardından, etkinlikte kullanılacak yöntem karar verilmiştir.

Çalışmada kullanılan etkinliklerde 5E öğrenme halkası modeli benimsenmiştir. 5E öğrenme halkası modelinde, öğrencilerin karşılaştıkları zorluklarla baş edebilmeleri ve bunun yanında yaratıcı ve çoklu düşünme becerilerini de geliştirmek amaç edinilmiştir. Ayrıca bu öğrenme modeli, üst düzey düşünme becerilerini harekete geçiren bir model olarak öğrencilerin soyut düşünme becerilerini de geliştirmeye yardımcı olacaktır (Köksal ve Atalay, 2015).

Amaç, hedef kitle ve yöntem belirlendikten sonra etkinlikle ilgili alan taraması yapılır, alan taraması sonrasında etkinliğin yapılacağı mekân ve kullanılacak araçlar belirlenir. Uygulama basamağına geçilmeden planlama sürecinin kontrol edilmesi gerekir, gerektiğinde hedef kitleye benzer özellikler gösteren küçük bir grupta etkinliğin denemesi yapılabilir (Kaplan, 2020).

Planlama sonrasında uygulama basamağına geçilir. Etkinliğin öğrenciler tarafından yapıldığı bu basamakta etkinliğin hedef kitle için uygulanabilir olması önemlidir. Bu basamaktaki diğer önemli nokta ise süredir. Sürenin verimli kullanılıp kullanılmadığının yanında etkinliğin amacına ulaşması için gerekli olan etkinlik sıralaması da dikkat edilecek hususlardandır (Kaplan,2020).

Etkinlik geliştirme sürecinin son basamağı ise değerlendirme basamağıdır ve burada etkinlik tamamlanmaktadır. Bu sürecin en önemli basamağı olan değerlendirmede etkinlik öncesi hedeflenen amaca ulaşıp ulaşılmadığı tespit edilir. Etkinlik geliştirme süreci Şekil 13'te verilmiştir.

Şekil 14. Etkinlik Geliştirme Süreci



Kaynak: Kaplan, 2020

3.3.2. Etkinlikler İçin Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması

Bu çalışmadaki etkinlikler matematik dersinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E modeline göre hazırlanmış olup, ilk olarak Kesirler Ünitesinin kazanımları, bilişsel basamak düzeyi de göz önünde alınarak incelenmiştir. Bunun için etkinlik hazırlanması planlanan kazanımlara ait bir tablo oluşturulmuş ve bu tablo üzerinde kazanımlarla etkinliklerin eşleştirilmesi yapıp hangi düzeyde etkinlik hazırlanması gerektiği planlanmıştır. Ayrıca, uygulamayı yapan öğretmene kılavuzluk etmesi için gerekli açıklamalara da yer verilmiştir. Tablo Ek 4'te sunulmuştur. İkinci basamakta Kesirler Ünitesi kazanımlarına ilişkin 3B yazıcıların kullanıldığı etkinlik tasarımları düzenlenmiştir. Üçüncü basamakta ise kazanımlar doğrultusunda hazırlanan etkinliklerin amaca, sürenin verimli kullanımına, hedef kitleye ve ölçme değerlendirmeye uygun olup olmadığını tespit

etmek için uzman görüşüne başvurulmuş böylelikle etkinliklerin kapsam açısından uygunluğu ve geçerliği değerlendirilmiştir.

Hazırlanmış olan etkinlikler uzmanlarca "uygulanabilir", "uygulanamaz" şeklinde sınıflandırılarak değerlendirilmiştir. Etkinlikler; alan uzmanlarınca amaca, sürenin verimli kullanımına, hedef kitleye ve ölçme değerlendirmeye uygun olup olmaması bakımından incelenmiştir. Alan uzmanlarının görüşleri, Türnüklü'nün (2000), Croll (1986), Bakeman ve Gottman (1997) ve Robson'dan (1993) aktardığı $P = [Na / (Na+Nd)] \times 100$ formülü kullanılarak güvenilirlik analizine tabi tutulmuş ve uyuşum yüzdesi % 88 olarak bulunmuştur (P: Uyuşum Yüzdesi; Na: Uyum miktarı; Nd: Uyuşmazlık miktarı). Bu oran Türnüklü'ye (2000) göre güvenilir olarak kabul edilmektedir. Görüş ayrılığına düşülen noktalar üzerinde ortak bir görüşe varılmaya kadar tartışılmış ve son olarak etkinlikler uygulamaya hazır hale getirilmiştir.

3.4. GRUPLARININ OLUŞTURULMASI – ÖNTESTİN UYGULANMASI

Katılımcılarla, uygulamanın başlayacağı tarihten bir hafta önce toplantı yapılarak araştırmanın amacı ve içeriği hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra deney ve kontrol grupları rastgele seçim yapılarak oluşturulmuş, öğrencilere “Katılımcı Katılım Formu” ile “Veli Onam Formu” dağıtılarak doldurulması ve onaylanması istenmiştir. Bu formlar ertesi gün tüm öğrenciler tarafından doldurularak sınıfa getirilmiş ve araştırmacıya teslim edilmiştir. Deney ve kontrol grupları oluşturulduktan sonra öncelikle her iki gruba da “Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi” öntest olarak uygulanmıştır. Öntest uygulandıktan sonra deney grubu için yapılacak uygulama ortamı hazırlanmış ve uygulamaya geçilmiştir.

3.5. UYGULAMA ORTAMININ HAZIRLANMASI

Araştırma kapsamında, uygulamanın yapılabilmesi için seçilen okulun bilgisayar sınıfındaki tüm bilgisayarların ve 3B yazıcının tüm kontrolleri ve donanımsal-yazılımsal bakımları yapılmıştır. İlgili sınıfta, katılımcıların bedensel olarak rahat olabilmeleri ve zihinsel olarak da kendilerini adapte edebilmeleri için koltukların durumu, bilgisayar ekranlarının ve diğer eşyaların temizlik ve havalandırma işlemlerinin yapılmasına dikkat edilmiştir. Bu uygulamanın deneklere sınav ortamı niteliğinde değil de kendilerini geliştirebilecekleri yeni şeyler öğrenip uygulayabilecekleri bir mekân olarak

nitelendirilmeye çalışılmıştır. Uygulamanın gerçekleştirilmesi ve öğrenme düzeyinin sağlanabilmesi için, bilgisayarda öğrenciler sınıfa gelmeden önce Tinkercad uygulaması açılmış ve aksaklıklar giderilmiştir. Ayrıca 3B yazıcının da son kontrolleri yapılmış ve yazdırmaya hazır olduğu test edilmiştir.

3.6. UYGULAMA SÜRECİ

Oluşturulan deney ve kontrol grupları ile deneysel işlemi yürütmek üzere her bir gruba dört haftalık, haftada 5 ders saatlik olmak üzere toplamda 20 saat matematik dersi işlenmiştir. Öğrenme sürecinde her iki grupta da 5E modelinin uygulanmasından dolayı programda 16 saat süre verilen kazanımların öğretimi 20 saatlik bir derste tamamlanabilmiştir.

Bu araştırmada kontrol grubunda konular mevcut olan programın dışına çıkmadan 5E öğrenme halkası modeline uygun bir şekilde işlenmiş ve kesirler ünitesinin öğretimi yapılmıştır. Dört hafta boyunca kontrol grubu olarak belirlenen sınıfta kesirler ünitesi konuları 2018 Matematik Dersi Öğretim Programına uygun 5E öğrenme halkası modeli temelli planlar çerçevesinde dersin öğretimi tarafından işlenmiştir. Kontrol grubuna başka bir müdahalede bulunulmamıştır.

Deney grubunda ise uygulanması amaçlanan öğretim yöntemi adım adım uygulanmış ve her adımı titizlikle yürütülmüştür. Bu bağlamda deney grubunda kesirler ünite konularının öğretimi 2018 Matematik Dersi Öğretim Programına uygun olarak, araştırmacı tarafından hazırlanan 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeli temelli planlar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Konuların öğretiminde kontrol grubundan farklı olarak her kazanıma ait üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle geliştirilmiş materyaller kullanılmıştır. Haftada beş saat olan matematik dersinin ilk iki saatinde öğrenciler gruplar halinde aktif olarak o haftanın konusuyla ilgili olarak kendilerine verilen çalışma yapraklarından yararlanarak kendi tasarımlarını oluşturmuşlardır. Ardından araştırmacı tarafından bu tasarımlar üç boyutlu yazıcıdan yararlanarak somut bir model haline dönüştürülmüştür. Bu modeller araştırmacı tarafından ders planlarındaki ek etkinlikler yardımıyla da konuların öğretilmesinde kullanılmıştır. Ders planlarında yer alan etkinlikler doğrultusunda ve 5E öğrenme halkası modeline uygun ders işleniş ortamında öğrencilere konular anlatılmıştır. Ayrıca her ders sonunda öğrencilere “Öğrenci Günlük Formu”

dağıtılmış ve öğrencilerden bu formu doldurmaları istenmiştir. Uygulama sürecindeki ders etkinliklerinden bir kesit Şekil 14’te verilmiştir.

Şekil 15. Uygulama Süreci - Ders Etkinlikleri



3.7. SONTTESTLERİN UYGULANMASI

Dört hafta süresince uygulanan program sonunda hem deney grubuna hem de kontrol grubuna “Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi” sontest olarak uygulanmıştır. Sontestlerden elde edilen veriler “Bulgular” kısmında ayrıntısıyla açıklanmıştır. Uygulamanın sonunda deney grubundaki öğrencilerden sontest başarı puanlarına göre (düşük-orta-yüksek) belirlenen 9 öğrenciyle yapılandırılmış görüşme yapılmıştır.

4. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Araştırmada, araştırmacı tarafından öğrencilerin akademik başarılarını ölçmek amacıyla kesirler ünitesinin öğretim sürecini değerlendirmeye yönelik “Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi (KÜABT), yapılandırılmış görüşme formu, öğrenci günlük formu

geliştirilmiştir. Araştırmanın nicel verileri KÜABT ile toplanmıştır. Araştırmanın nitel verileri ise deney grubundaki öğrencilerin kesirler ünitesinin öğretim sürecini değerlendirmeye yönelik uygulanan yapılandırılmış görüşme formu ve öğrenci günlük formu ile toplanmıştır. Sözü edilen veri toplama araçları aşağıda açıklanmıştır:

4.1. AKADEMİK BAŞARI TESTİ

Eğitim süreci sonunda istendik davranışın kazanılıp kazanılmadığı veya ne derece kazandırıldığını saptama, öğrenme güçlüklerini tespit etme, eğitim programları ile yöntem ve tekniklerin etkililiğini belirleme, öğrencileri yönlendirme ve benzeri amaçlara dönük yapılan tüm değerlendirmeler geçerli ve güvenilir ölçme sonuçlarına dayanmaktadır (Kan, 2019). Bu araştırmada, öğrencilerin kesirler ünitesinin öğretimine yönelik akademik başarı düzeylerini belirleyebilmek amacıyla araştırmacı tarafından bir akademik başarı testi geliştirilmiştir. Akademik başarı testi geliştirme adımları aşağıda sunulmuştur.

4.1.1. Akademik Başarı Testi Geliştirme Adımları

Atılğan vd.. (2015), Crocker ve Algina (1986) ve Baykul'un (2000) akademik başarı testi ile ilgili yaklaşımlarından yola çıkarak test geliştirme aşamalarını şu şekilde sıralanmıştır:

1. Test puanlarının hangi amaçla kullanılacağına belirlenmesi,
2. Yapıyı ya da alanı temsil eden davranışların belirlenip belirtke tablosunun oluşturulması,
3. Denemelik test maddelerin yazılması,
4. Denemelik test maddelerin gözden geçirilmesi
5. Denemelik test formunun hazırlanması,
6. Ön denemenin yapılması ve denemelik testin uygulanması,
7. Deneme uygulaması sonrası madde analizinin yapılması ve maddelerin seçilmesi,
8. Seçilen test maddelerinden oluşturulan nihai testin istatistiklerinin kestirilmesi.

i. Test puanlarının hangi amaçla kullanılacağına belirlenmesi

Araştırmada, 3B yazıcılarla üretilen materyaller içeren etkinlikler uygulanarak işlenen matematik derslerinin, öğrencilerin akademik başarılarına olan etkisini ortaya

çıkarmak amacıyla bir akademik başarı testi geliştirilmiştir.

ii. Yapıyı ya da alanı temsil eden davranışların belirlenip belirtke tablosunun oluşturulması

Belirtke tablosu, ölçmeye esas olan davranışları içinde barındıran bir tablodur. Belirtke tablosunun oluşturulması kapsam geçerliğini artırması bakımından çok önemlidir (Baykul, 2015). Bu sebeple araştırmada test puanlarının kullanılacağı amaç belirlendikten sonra belirtke tablosu oluşturulmuştur. Oluşturulan belirtke tablosu Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Belirtke Tablosu

Öğrenme Alanı	Alt Öğrenme	Kazanımlar	Soru No			
			Hatırlama	Anlama	Uygulama	Toplam Soru Sayısı
M.4.1. SAYILAR VE İŞLEMLER	M.4.1.6. Kesirler	M.4.1.6.1. Basit, bileşik ve tam sayılı kesri tanıır ve modellerle gösterir.	1.	9.	8.	3
		M.4.1.6.2. Birim kesirleri karşılaştırır ve sıralar.			4. 12.	2
		M.4.1.6.3. Bir çokluğun belirtilen bir basit kesir kadarını belirler.			3. 10. 16.	3
		M.4.1.6.4. Paydaları eşit olan en çok üç kesri karşılaştırır.		5.	13.	2
	M.4.1.7. Kesirlerle İşlemler	M.4.1.7.1. Paydaları eşit kesirlerle toplama ve çıkarma işlemi yapar.		2.	7. 11.	3
		M.4.1.7.2. Kesirlerle toplama ve çıkarma işlemlerini gerektiren problemleri çözer.			6. 14. 15.	3
Toplam Soru Sayısı			1	3	12	16

Yukarıdaki belirtke tablosu oluşturulurken “Yenilenmiş Bloom Taksonomisi”nden faydalanılmıştır (Bümen, 2006). Tablo 1 incelendiğinde “Hatırlama” basamağından bir soru, “Anlama” basamağından üç soru ve “Uygulama” basamağından 12 soru sorulduğu,

toplama da ise 16 soru sorulduğu görülmektedir. Yenilenmiş Bloom Taksonomisinin diğer basamaklarından soru sorulmayışının sebebi ise Piaget'in Bilişsel Gelişim Kuramı'ndan yola çıkararak, çalışma grubu için seçilecek olan öğrencilerin yaş gurubu göz önüne alındığında Somut İşlemler Dönemine, 7-11 yaş grubuna denk gelmesidir. Bu bağlamda Yenilenmiş Bloom Taksonomisi'nin diğer basamakları çözümlene, Değerlendirme ve Oluşturma basamakları dikkate alınmamıştır. Kazanımların taksonomi basamaklarının neresinde olduğundan Altıparmak ve Palabıyık'ın (2019) alışmalarından yola çıkılarak maddelerle kazanımlar eşleştirilmiştir. Öğrencinin günlük hayatta karşılaşabileceği maddeler uygulama basamağına alınmıştır. Belirtke tablosunda belirtilen soruların belirlenmesine ilişkin aşamalar aşağıda açıklanmıştır.

iii. Denemelik test maddelerin yazılması

Belirtke tablosunda yer alan bilişsel alanın her bir basamağındaki davranışlar için çoktan seçmeli bir test maddesi olarak denemelik maddeler yazılmış ve belirtilen davranışı ölçebilmek için en uygun madde tipi olarak açık uçlu madde tipi seçilmiştir (Atılđan, 2019). Denemelik test madde sayısı 23 olarak belirlenmiştir. Daha sonra denemelik maddeler uzman görüşüne sunulmuştur.

iv. Denemelik test maddelerin gözden geçirilmesi

Bu aşamada uzman görüşlerinden faydalanarak denemelik maddelerin; ölçülmek istenen davranışı ölçecek niteliğe sahip olup olmadığı (geçerliği), bilimsel yönden yanlışlık içerip içermediği, dil bakımından anlaşılabilirliği, dil bilgisi hataları içerip içermediği, teknik anlamda testin ve maddelerin kusur içerip içermediği (Baykul, 2015: 311), ğrencilerin gelişim özelliklerine uygunluğu yönlerinden değerlendirilmiştir. Uzman görüşlerinden gelen geri bildirimler doğrultusunda 23 maddeden oluşan taslak test içinden uygun olmayan yedi soru çıkarılmıştır. Bir sonraki aşamaya geçilmeden 16 maddeden meydana gelen denemelik test üzerinde yapılan tüm incelemeler sonunda hatalar düzeltilmiş ve eksiklikler giderilmiştir.

v. Denemelik test formunun hazırlanması

Belirtke tablosunda yer alan düzeylerin her biri için en az üç madde yazılarak toplamda 16 maddelik test formu hazırlanmıştır. Bu form hazırlanırken aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- Maddelerin, test formu içine yerleştirilirken tamamen rastgele yerleştirme yapılmış ve özellikle testin başına kolay maddelerin konulmasına özen gösterilmiştir.
- Testin başına test hakkında bilgi içeren (amaç, testte bulunan madde sayısı, verilen süre, cevapların nasıl kaydedileceği) bir yönerge konmuştur.
- Yazı büyüklüğünde yaş aralığına uygun olan 12 punto, satır aralığında tek satır aralığı seçilmiştir. Ayrıca test formunun gerekli yerlerine ‘Arka Sayfaya Geçiniz’, ‘Test Bitti’ ‘Cevaplarınızı Kontrol Ediniz’ gibi yönergeler konulmasına dikkat edilmiştir.

vi. *Ön-denemenin yapılması ve Denemelik testin uygulanması*

Erkuş (2021), maddelerin geçerliliğini sağlamak adına ön-denemenin yapılmasını tavsiye etmektedir. Bunun kesinlikle bir madde analizi olmadığını vurgulamaktadır. Ön-denemenin yapılmasının maddelerin okunabilirliği, anlaşılabilirliği, cevaplayıcılar tarafından anlaşılmayan yerlerin belirlenmesi, yanlış yazılmış yerlerin saptanması, ortalama cevaplama süresinin belirlenmesi vb. açısından önemli geribildirim sağlayıcı olarak kullanılabileceğini belirtmektedir. Ön-deneme uygulaması, ölçeğin uygulanacağı gerçek hedef kitleden özellikle uç grupları, ilgili değişkenin ranjını temsil eden 10-15 kişi üzerinde gerçekleştirilebilir. Bu doğrultuda denemelik testin uygulanması öncesinde 12 öğrencilik bir gruba ön-deneme yapılmış, gerekli geri bildirim sonrası düzenlemeler yapılmış ve denemelik testin uygulanmasına geçilmiştir.

vii. *Deneme uygulaması sonrası maddelerin analizinin yapılması ve maddelerin seçilmesi*

Madde analizi yapabilmek için öğrencilerin her bir maddeye verdikleri yanıtlar puanlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öğrencilerin maddelere verdikleri cevap doğruysa “1” boş bırakılmış veya yanlış yapılmışsa “0” olarak puanlanmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak denemelik testin uygulanmasından elde edilen veriler istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Nihai teste madde seçerken madde ayırıcılık ve madde güçlük indeksleri dikkate alınmıştır. 16 soruluk açık-uçlu test maddelerine uygulanan madde analizinde, her bir madde için p (madde güçlüğü) ve d (ayırıcılık gücü) değerleri hesaplanmıştır. Deneme uygulaması sonrası istenen özellikte bir test hazırlanabilmesi için elde edilen veriler yardımıyla madde analizi yapılarak, nihai test için uygun maddeler seçilmiştir.

Geliştirilen başarı testi için yapılan madde analizinde her bir maddenin madde güçlüğüne ilişkin analiz Tablo 5’te ve ayırt edicilik indeksine ilişkin analiz ise Tablo 7’de sunulmuştur:

Tablo 5. Madde Güçlüğüne Göre Madde Analizi Sonuçları

Madde Güçlüğü	Madde Sayısı	Madde Numarası	Maddenin Değerlendirilmesi
0.70 – 1.00 arası	1	11	Çok kolay maddeler
0.50 – 0.69 arası	7	1, 3, 4, 5, 7, 9, 12	Kolay maddeler
0.30 – 0.49 arası	8	2, 6, 8, 10, 13, 14, 15, 16	Orta güçlükte maddeler
0.29’un altı	0	-	Çok zor maddeler

Tablo 5’e göre, testi oluşturan 1 maddenin çok kolay, 7 maddenin kolay, 8 maddenin orta güçlükte olduğu ve çok zor maddenin hiç olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Akademik başarı testinin madde ayırt edicilik indeksi değerlerine göre madde analizi sonuçları aşağıdaki Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Madde Ayırt Edicilik İndeksi Değerlerine Göre Madde Analizi Sonuçları

Madde Ayırt Edicilik	Madde Sayısı	Madde Numarası	Maddenin Değerlendirilmesi
0.40 ve üzeri	16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	Çok iyi maddeler
0.30 – 0.39 arası	0	-	Oldukça iyi maddeler
0.20 – 0.29 arası	0	-	Geliştirilmesi gereken maddeler
0.19’un altı	0	-	Çok zayıf maddeler

Akademik başarı testine ait maddelerin ayırt edicilik indeksi değerlerinin 0,43 ile 0,87 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Tablo 6’ya göre, ayırt edicilik indeksi değerleri dikkate alındığında, testi oluşturan 16 maddenin çok iyi maddeler olduğu sonucuna varılmıştır.

viii. Seçilen test maddelerinden oluşturulan nihai testin istatistiklerinin kestirilmesi

Bu uygulamadan elde edilen veriler istatistik paket programıyla analiz edilmiş her bir maddenin ayırt edicilik ve güçlük indeksleri hesaplanmıştır. Tablo 7’de her bir maddenin ayırt edicilik ve güçlük indeksine ilişkin analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 7. Test Maddelerinin Madde Güçlüğü ve Ayırt Edicilik İndeksi Değerleri

Madde No	p (Güçlük Değeri)	d (Ayırt Edicilik)	Madde No	p (Güçlük Değeri)	d (Ayırt Edicilik)
1	0.598	0.434	9	0.520	0.711
2	0.374	0.447	10	0.416	0.750
3	0.594	0.592	11	0.719	0.605
4	0.562	0.526	12	0.601	0.816
5	0.534	0.671	13	0.406	0.724
6	0.466	0.855	14	0.431	0.868
7	0.544	0.816	15	0.402	0.842
8	0.423	0.697	16	0.413	0.737

Madde ayırt edicilik indeksi 0.30’un altında olan madde olmaması sebebiyle testten herhangi bir madde çıkarılmamış, tüm maddelerin çok iyi maddeler olduğu görülmüştür. Ayrıca test, madde güçlüğüne göre de analiz edilmiş ve çok zor olan madde olmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda nihai test, analiz sonuçları Tablo 8’de verilen toplam 16 maddeden meydana gelmektedir.

Tablo 8. Nihai Testin İstatistikleri

Açık-Uçlu Soru Sayısı	16
Testin Ortalaması	8.0
Standart Sapması	4.63
Ortalama Güçlük İndeksi	0.50
Güvenirlik Katsayısı (KR-20)	0.87

Madde güvenilirlik katsayısı madde ayırt edicilik indeksi ve standart sapmasına bağlıdır. Geliştirilen testte güvenilirlik katsayısı KR-20 1’e yakın olduğu için (0,87)

güvenilir bir ölçme aracı geliştirildiği söylenebilir. Bu sonuçlara göre testin amaca hizmet ettiği görülmüş ve araştırmada kesirler ünitesinin öğretim sürecini değerlendirmeye yönelik akademik başarı testi olarak kullanılmıştır (Bkz. Ek 1).

4.2. ÖĞRENCİ GÜNLÜK FORMU

Günlükler sadece öğrencinin belli bir konudaki yeterliliği ile ilgili bilgi veren bir değerlendirme aracı değildir. Uygulanan öğretimin niteliği hakkında da fikir veren bir yapıya sahip olması (Ayyıldız ve Altun, 2013) bakımından önemli bir veri toplama aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yapısı dolayısıyla araştırmada öğrenci günlükleri nicel verileri desteklemek için nitel veri toplama aracı olarak kullanılmıştır.

Araştırmada, günlük soruları hazırlandıktan sonra 3 alan uzmanına gönderilmiş ve böylece geçerliği sağlanmıştır. Günlük formunun güvenilirliği ise pilot uygulaması yapılarak sağlanmıştır. Yapılan pilot uygulama sonrası gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Asıl uygulamada ise öğrenci günlük formları (Bkz. Ek 2), deney grubundaki tüm öğrencilere her ders sonunda dağıtılmış ve bunları doldurmaları istenmiştir. Yazılı olarak öğrencilerden elde edilen veriler, betimsel analize tabi tutulmuş, araştırmacı ve matematik eğitimi alanında bir uzman tarafından ayrı ayrı kodlanmış ve güvenilirliği belirlemek için kodlayıcılar arası uyum yüzdesine bakılmıştır. Bunun için Türnüklü'nün (2000), Croll (1986), Bakeman ve Gottman (1997) ve Robson'dan (1993) aktardığı $P = [Na / (Na+Nd)] \times 100$ formülü kullanılmış ve uyum yüzdesi % 92 olarak bulunmuştur (P: Uyum Yüzdesi; Na: Uyum miktarı; Nd: Uyuşmazlık miktarı).

4.3. YAPILANDIRILMIŞ GÖRÜŞME FORMU

Yapılandırılmış görüşme, nitel araştırmalarda veri toplama oranının yüksek olması ve araştırılan konu üzerinde araştırmacıya kontrol sağlaması bakımından ön plana çıkan bir görüşme tekniğidir. Yapılandırılmış görüşmede, görüşmeyi yapacak olan araştırmacı görüşme sorularını önceden hazırlar. Görüşmeci önceden hazırlamış olduğu sorulara ya da alanlara sadık kalmak koşuluyla sorularını yöneltir. Sorulan sorular, konuyu farklı alanlara taşımadan araştırmacının elde etmek istediği odak konuyla doğrudan ilişkilidir ve esneklik söz konusu değildir. (Ekiz, 2015; Yıldırım ve Şimşek, 2018).

Bu çalışmada öğrencilerin işlenen ders ve 3B yazıcılar hakkındaki görüşlerinin ortaya çıkarılması amacıyla yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Yapılandırılmış

görüşmeler, toplanan nicel verileri desteklemek ve 3B yazıcı teknolojisi ile matematik dersinin işlenişi hakkında öğrenci görüşlerini tespit etmek amaçlı yapılmıştır. Yapılandırılmış görüşme formunda toplam sekiz ana soru bulunmaktadır. Öğrencilerin konuşma becerileri ve sınıf düzeyleri dikkate alınarak bu görüşme formlarının yazılı olarak doldurulması istenmiş ve veriler yazılı olarak elde edilmiştir. Öğrenciler seçilirken, KÜABT sınav puan ortalamalarına bakılmış ve düşük-orta-yüksek puan ortalamasına sahip 3'er öğrenci olmak üzere toplam 9 öğrenci ile görüşme yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan yapılandırılmış görüşme formunun hazırlık aşaması incelendiğinde ilk olarak 10 maddelik bir soru havuzu oluşturulmuştur. Görüşme oturumunda yer alan sorular araştırmacı tarafından belirli anlamlar içeriyor olsa da bazen başkaları tarafından tam olarak anlaşılabilir veya farklı anlaşılabilir. Bu durum yanıtları gerçeklikten uzaklaştırabilir Bu sebeple gerçek çalışmadan önce bir pilot çalışma yapmak hem görüşme oturumu hem de standartlaşma bakımından önemlidir. Böylece görüşmelerde tutarlılık sağlanacaktır (Türnüklü, 2000). Bu amaç doğrultusunda, hazırlanan bu sorular bir alan uzmanı ve iki matematik öğretmeni tarafından incelenmiştir. Uzman ve öğretmenlerin önerileri doğrultusunda süre ve soruların anlaşılabilirliği bakımından gerekli düzenlemeler yapılmış ve 10 sorudan 8 soruya düşürülmüştür (Bkz. Ek 3). Görüşme formu, asıl uygulama öncesi araştırmaya dâhil olmayan 3 öğrenciye uygulanmış, görüşme için gereken toplam süre ve soruların anlaşılabilirliği hakkında fikir edinilmiştir.

Asıl uygulamada ise yapılandırılmış görüşme formundaki sorular, deney grubundan gönüllülük esasına dayanarak yukarıda belirtildiği şekilde seçilen 9 öğrenciye uygulanmıştır. Yazılı olarak öğrencilerden elde edilen veriler, içerik analizine tabi tutulmuş, araştırmacı ve matematik eğitimi alanında uzman bir araştırmacı tarafından ayrı ayrı kodlanmış ve güvenilirliği belirlemek için kodlayıcılar arası uyum yüzdesine bakılmıştır. Bunun için öğrenci günlük formlarında olduğu gibi Türnüklü'nün (2000), Croll (1986), Bakeman ve Gottman (1997) ve Robson'dan (1993) aktardığı $P = [Na / (Na+Nd)] \times 100$ formülü kullanılmış ve uyum yüzdesi % 97 olarak bulunmuştur (P: Uyum Yüzdesi; Na: Uyum miktarı; Nd: Uyuşmazlık miktarı).

Yapılan bu kodlamalar ve analiz sonucunda benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulmuş ve elde edilen görüşme verileri daha anlamlı hale getirilmiştir.

5. VERİLERİN ANALİZİ

Araştırmada kullanılan veri toplama araçları nicel ve nitel analiz yöntemleri ile analiz edilmiştir. Araştırmada öğrencilerin deney ve kontrol grubu uygulamaları sonucu elde ettikleri başarının değerlendirilmesinde kullanılan ‘Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi’ sonuçları verilerin normal dağılım durumuna göre uygun testler kullanılarak analiz edilmiştir.

Nicel verilerin analizinde öncelikle deney ve kontrol gruplarındaki katılımcılar için KÜABT öntest-sontest puanlarının normal bir dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla normallik testi uygulanmıştır. Buradaki karar, eğer dağılım normal ise parametrik testler, dağılım normal değil ise non-parametrik testlerin kullanılması yönünde olmuştur.

Deney ve Kontrol grubunun öntest puanlarının normal dağılıp dağılmadığını belirlemeye yönelik yapılan Shapiro-Wilk Normallik Testi sonucunda; 0,05 anlamlılık düzeyine ve %95 güven aralığına göre (p) değeri 0,05’ten küçük ($p < ,000$) olduğu için deney ve kontrol grubu puanlarının öntestte normal bir dağılım göstermediği tespit edilmiştir. İstatistiksel çözümlenelerde, eğer gruplar normal dağılım gösteriyorsa parametrik testler, normal dağılım göstermiyorsa non-parametrik testler kullanılmaktadır. Bu sebeple, öntest puanlarının karşılaştırılmasında bağımsız örneklem grupları için non-parametrik testlerden Mann-Whitney U testi kullanılmıştır.

Deney ve Kontrol gruplarının birlikte sontest puanlarının, Deney grubunun öntest-sontest puanlarının ve Kontrol grubunun öntest-sontest puanlarının normal dağılıp dağılmadığını belirlemeye yönelik yapılan Shapiro-Wilk Normallik Testi sonuçları aşağıdaki şekildedir: Deney ve Kontrol gruplarının birlikte sontest puanlarının normal dağılıp dağılmadığını belirlemeye yönelik yapılan Shapiro-Wilk Normallik Testi sonucunda 0,05 anlamlılık düzeyine ve %95 güven aralığına göre, (p) değeri 0,05’ten büyük ($p > ,242$) olduğu için deney ve kontrol grubu sontest puanlarının normal bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak deney grubunun öntest-sontest puanlarının normal dağılıp dağılmadığını belirlemeye yönelik yapılan Shapiro-Wilk Normallik Testi sonucunda; 0,05 anlamlılık düzeyine ve %95 güven aralığına göre (p) değeri 0,05’ten küçük ($p < ,002$); Kontrol grubunun öntest-sontest puanlarının normal dağılıp dağılmadığını

belirlemeye yönelik yapılan Shapiro-Wilk Normallik Testi sonucunda; 0,05 anlamlılık düzeyine ve %95 güven aralığına göre (p) değeri 0,05'ten küçük ($p < 0,002$) olduğu için deney ve kontrol gruplarının kendi içinde öntest-sontest puanlarının normal bir dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Dolayısıyla Deney ve Kontrol grubu öğrencilerinin KÜABT öntest ve sontest puanları arasındaki farkların karşılaştırılması amacıyla Non-Parametrik ANCOVA kullanılmıştır. Ayrıca Cohen'in (1988) belirlediği küçük, orta ve büyük seviyedeki etki büyüklüğü değerlerine göre güç analizi hesaplaması yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan "Öğrenci Günlük Formu"ndan elde edilen veriler betimsel analiz (Gürbüz ve Şahin, 2018) ile "Yapılandırılmış Görüşme Formu"ndan elde edilen veriler ise içerik analizi (Yıldırım ve Şimşek, 2016) ile analiz edilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE YORUM

Araştırma sürecinde elde edilen bulgular, nicel ve nitel verilerden elde edilen bulgular olmak üzere iki farklı şekilde ele alınmıştır. Elde edilen bulgular araştırmanın alt problemlerine göre düzenlenmiştir.

1. NİCEL VERİLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Kesirler ünitesi başarı testinden elde edilen nicel verilerin analizinden ulaşılan bulgular araştırmanın birinci alt problemiyle ilişkilendirilerek aşağıdaki şekilde yorumlanmıştır.

1.1. BİRİNCİ ALT PROBLEME İLİŞKİN BULGULAR VE YORUM

Deney ve kontrol gruplarına uygulama öncesi öntest olarak verilen “Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi” puan ortalamalarını karşılaştırmak için öncelikle normallik testi yapıldığı ve verilerin normal dağılım göstermediğinin tespit edildiği, verilerin analizi kısmında açıklanmıştır. Bu doğrultuda deney ve kontrol gruplarına uygulama öncesi öntest olarak verilen “Kesirler Ünitesi Akademik Başarı Testi” puan ortalamalarının karşılaştırılması için non-parametrik testlerden Mann-Whitney U testi kullanılmış, analiz sonucu Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Deney ve Kontrol Gruplarının Akademik Başarı Testi Öntest Puan Ortalamalarının Karşılaştırılması

Gruplar	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Kontrol Grubu Öntest	19	20,92	397,50	153,50	,415
Deney Grubu Öntest	19	18,08	343,50		
Toplam	38				

$P > 0,05$

Tablo 9 incelendiğinde, deney grubunun akademik başarı testi öntest puan ortalamaları ile kontrol grubu arasında anlamlı fark olmadığı ($U=153,50$; $p > 0,05$), buna göre deney ve kontrol gruplarının uygulama öncesinde akademik başarı testi öntest puan ortalamalarına göre denk olduğu söylenebilir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin uygulama öncesindeki “Kesirler Ünitesi

Akademik Başarı Testi” öntest ve uygulama sonrasındaki sontest akademik başarı puanlarına ilişkin betimleyici istatistikler Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. KÜABT Deney ve Kontrol Grubu Öntest ve Sontest Sonuçları

Gruplar	Öntest		Sontest	
	\bar{X}	SS	\bar{X}	SS
Kontrol Grubu	14,14	17,78	32,56	22,20
Deney Grubu	13,15	18,14	53,94	29,25

Tablo 10 incelendiğinde, deney grubu öğrencilerinin akademik başarı testi öntest puan ortalaması; $\bar{X} = 13,15$ ve standart sapması 18,14 iken sontest puan ortalaması; $\bar{X} = 53,94$ ve standart sapması 29,25’tir. Kontrol grubu öğrencilerinin akademik başarı testi öntest puan ortalaması; $\bar{X} = 14,14$ ve standart sapması 17,78 iken sontest puan ortalaması; $\bar{X} = 32,56$ ve standart sapması 22,20’dir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin KÜABT’ye ilişkin öntest puanlarının normal dağılım göstermemesi nedeniyle deney ve kontrol grubu öğrencilerinin KÜABT öntest ve sontest puanları arasındaki farkların karşılaştırılması amacıyla Non-Parametrik ANCOVA kullanılmıştır. Deney ve kontrol gruplarının KÜABT öntest puanları sabit tutulduğunda, sontest puanlarının deney ve kontrol grubuna göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla yapılan parametrik olmayan ANCOVA sonuçları Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. KÜABT Parametrik Olmayan ANCOVA Sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Kısmi η^2
Düzeltilmiş Model	823,666 ^a	1	823,666	19,865	,000	,356
Sabit	,000	1	,000	,000	1,000	,000
Grup(program)	823,666	1	823,666	19,865	,000	,356
Hata	1492,706	36	41,464			
Toplam	2316,372	38				
Düzeltilmiş Toplam	2316,372	37				

a. R Squared = ,356 (Adjusted R Squared = ,338)

Tablo 11 incelendiğinde, 4. Sınıf matematik dersinde normal öğretim programı çerçevesinde 5E öğrenme halkası modeline uygun 3B yazıcıların kullanıldığı etkinliklerin uygulandığı deney grubu ve normal öğretim programı çerçevesinde 5E modeline uygun öğretimin yapıldığı kontrol grubunun KÜABT öntest puanlarına göre düzeltilmiş KÜABT sontest puanları arasında manidar bir farklılığın olduğu görülmektedir [$F(1, 36)=19,865$;

$p < 0.05$]. Ayrıca 5E öğrenme halkası modeline uygun 3B yazıcıların kullanıldığı etkinliklerin öğrencilerin matematik dersindeki akademik başarılarına etkisinin büyük olduğu görülmektedir [*Kısmi* $\eta^2 = 0,356$]. Buna göre 4. Sınıf matematik dersinde normal öğretim programı çerçevesinde 5E öğrenme halkası modeline uygun 3B yazıcıların kullanıldığı etkinliklerin uygulandığı deney grubu sınav puanlarının ($\bar{X} = 53,94$), normal öğretim programı çerçevesinde 5E modeline uygun öğretimin yapıldığı kontrol grubu sınav puanlarından ($\bar{X} = 32,56$) oldukça yüksek olduğu söylenebilir.

2. NİTEL VERİLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR

Çalışmanın bu bölümünde ikinci ve üçüncü alt problemlere yönelik nitel verilerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

2.1. İKİNCİ ALT PROBLEME İLİŞKİN BULGULAR VE YORUM

3B yazıcı teknolojisiyle desteklenen 5E öğrenme halkası modelinin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin etkinlikler sonrası günlük değerlendirmelerinin incelendiği alt probleme ilişkin bulgular aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Birinci Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar

“Basit, bileşik ve tam sayılı kesri tanımlar ve modellerle gösterir.” Kazanımına ilişkin öğretim sürecindeki öğrenci günlük formlarından elde edilen verilere ait frekans (f) ve yüzde (%) değerleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Birinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
1. Bu derste neler öğrendim?	Çok önemli şeyler öğrendim.	8	%42,1
	Kesirleri öğrendim. Artık daha çok şey biliyorum.	5	%26,3
	Kesirlerde modelleme öğrendim.	4	%21,0
	Kesir çeşitlerini öğrendim.	1	%5,3
	3B yazıcı ile nesne üretmeyi öğrendim.	1	%5,3
	Alışveriş yaparken işime yarayacak.	4	%21,0
2. Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim;	Bilgisayarda bazı işleri yaparken işime yarayacak.	4	%21,0
	Oyun oynarken işime yarar.	4	%21,0
	Ortaokula geçtiğimde matematiğim daha iyi olacak.	3	%15,8
	Sınavlardan geçmeme faydası olacak.	3	%15,8
	Mesleğimde kullanacağım.	1	%5,4

Tablo 12. (Devamı) Birinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
4. Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim;	Konuyu daha iyi anlamam için öğretiliyor.	6	%31,5
	Kesirleri daha kolay tanımam için öğretiliyor.	5	%26,3
	Günlük hayatta kullanmam için öğretiliyor.	3	%15,7
	Soruları çözmem için öğretiliyor.	2	%10,6
	Fikrim yok.	2	%10,6
	Matematik dersimin iyi olması için.	1	%5,3
5. Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim;	3B yazıcı ile kesir modelleri üretmekten	7	%36,9
	Bilgisayar ile tasarım yapmak çok güzeldi	7	%36,9
	Oyun oynamak çok zevkliydi	4	%21,0
	Arkadaşlarımla beraber çalışmaktan hoşlandım	1	%5,2
6. Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim;	Arkadaşlarımla oyunlarımızı değiştirmekten hoşlanmadım (gürültü sebebiyle).	10	%52,6
	Rapor yazmaktan hoşlanmadım.	9	%47,4
7. Bu ders işleniş hakkında neler hissettiğime dair duygularım;	Harikaydı, çok eğlendim.	9	%47,4
	Çok kolay öğrendim.	4	%21,0
	Mutlu oldum.	3	%15,8
	Tüm dersler hep böyle işlense.	2	%10,6
	Şaşırılmış hissettim.	1	%5,2
8. Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim;	Bu ders tüm matematik derslerinden daha eğlenceliydi.	8	%42,1
	Normal dersten daha çok öğrendim.	4	%21,1
	3B yazıcı ile kesir modelleri üretmek farklıydı.	3	%15,8
	Bilgisayarda arkadaşlarımla beraber çalışmak farklı ve eğlenceliydi.	2	%10,6
	İlk görünce çok merak ettim.	1	%5,2
	Oyun oynamak çok farklıydı.	1	%5,2

Tablo 12 incelendiğinde; öğrencilerin ‘Bu derste neler öğrendim?’ sorusuna verdikleri cevaplarda; %42,1 oran ile en fazla ‘Çok önemli şeyler öğrendim.’ ifadesi yer almaktadır. Daha sonra %26,3 oran ile ‘Kesirleri öğrendim ve artık daha çok şey biliyorum.’ ifadesi ve %21,0 oranı ile ‘Kesirlerde modelleme öğrendim’ ifadesi görülmektedir. En düşük yüzde ise %1 oranında ‘Kesir çeşitlerini öğrendim.’ ifadesi ile ‘3B yazıcı ile nesne üretmeyi öğrendim.’ ifadeleridir.

Öğrencilerin ‘Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevapları incelendiğinde; %21 oran ile en fazla ‘Alışveriş

yaparken işime yarayacak.’, ‘Bilgisayarda bazı işleri yaparken işime yarayacak.’, ‘Oyun oynarken işime yarar.’ ifadelerine yer verdikleri görülmektedir. Öğrencilerin %15,8’i ise ‘Ortaokula geçtiğimde matematiğim daha iyi olacak.’ ve ‘Sınavlardan geçmeme faydası olacak.’ şeklinde ifade kullanmıştır. %5,4 oranında ‘Mesleğimde kullanacağım.’ ifadesinin yer aldığı görülmektedir.

Öğrencilerin ‘Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevapları incelendiğinde; %31,5 oranında ‘Konuyu daha iyi anlamam için öğretiliyor.’ cevabını verdikleri, %26,3 oran ile ‘Kesirleri daha kolay tanımam için öğretiliyor.’ ifadesine yer verdikleri, %15,7 oranında ‘Günlük hayatta kullanmam için öğretiliyor.’ yanıtını verdikleri görülmüştür. Ayrıca öğrenciler %10,6 oranında ‘Soruları çözmem için öğretiliyor.’ ifadesi ve yine aynı oranda ‘Fikrim yok.’, %5,3 oranında ise ‘Matematik dersimin iyi olması için.’ ifadesine yer vermişlerdir.

Öğrencilerin ‘Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevapları incelendiğinde; %36,9 oranında ‘3B yazıcı ile kesir modelleri üretmekten’ hoşlandıklarını belirttikleri, aynı oranda ‘Bilgisayar ile tasarım yapmak çok güzeldi.’ ifadesine yer verdikleri, %21 oranında ‘Oyun oynamak çok zevkliydi’, %5,2 oranında ‘Arkadaşlarımla beraber çalışmaktan hoşlandım.’ ifadesine yer verdikleri görülmektedir.

Öğrencilerin ‘Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevapları incelendiğinde; %52,6’sının ‘Arkadaşlarımla oyunlarımızı değiştirmekten hoşlanmadım (gürültü sebebiyle)’ cevabını verdikleri, %47,4’ünün ise ‘Rapor yazmaktan hoşlanmadım.’ cevabını verdikleri görülmektedir.

Öğrenciler ‘Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım’ kategorisine ait cevaplarında; %47,4 oranında ‘Harikaydı, çok eğlendim.’ cevabını vermişler, %21 oranında ‘Çok kolay öğrendim.’ ifadesine yer vermişlerdir. Öğrenciler, %15,8 oranında ‘Çok mutlu oldum.’ cevabı verirken, %10,6 oranında ‘Tüm dersler hep böyle işlense.’ cevabını ve %5,2 oranında ise ‘Şaşırılmış hissettim.’ şeklinde cevap vermişlerdir.

Öğrencilerin ‘Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevapları

incelendiğinde; %42,1 oranında ‘Bu ders tüm matematik derslerinden daha eğlenceliydi’ ifadesine yer verirken, %21,1 oranında ‘Normal dersten daha çok öğrendim’ ifadesine yer verdikleri görülmektedir. Tabloya bakıldığında öğrenciler % 15,8 oranında ‘3B yazıcı ile kesir modelleri üretmek farklıydı’ şeklinde cevap verirken, %10,6 oranında ‘Bilgisayarda arkadaşlarımla beraber çalışmak farklı ve eğlenceliydi.’ şeklinde, %5,2 oranında ‘Oyun oynamak çok farklıydı.’ ve aynı oranda ‘İlk görünce çok merak ettim’ şeklinde cevaplar vermişlerdir.

“Basit, bileşik ve tam sayılı kesri tanımlar ve modellerle gösterir.” kazanımının öğretiminde, normal öğretim programı çerçevesinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme Halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin öğretim sürecine ilişkin günlük formlarından elde edilen veriler incelendiğinde; 3B yazıcılarla nesne ürettiklerini ve 3B yazıcılar yardımıyla kesir modelleri üretmekten hoşlandıklarını belirttikleri görülmektedir. Bu ifadelere paralel olarak öğrenciler, 3B yazıcıların kullanıldığı derslerin çok eğlenceli olduğunu ve konuyu daha kolay öğrendiğini belirtmiş, tüm derslerin bu şekilde işlenmesi yönünde fikirlerini beyan etmişlerdir. Öğrenci görüşlerinden yola çıkılırsa, 3B yazıcıların kullanıldığı derste öğrencilerin oldukça motive oldukları, merak duygularının harekete geçirildiği ve işlenen konuyu yazıcıların kullanımı sayesinde daha kolay öğrendikleri söylenebilir.

Öğrencilerin bu kazanıma ilişkin belirttikleri ifadelerden birkaçına aşağıda yer verilmiştir:

Ö1: Arkadaşlarımla beraber tasarladığımız oyunu diğer grup ile değiştik ama çok gürültü çıktı ben bundan hoşlanmadım.

Ö2: Bu ders tüm matematik derslerinden daha eğlenceliydi. Keşke hep böyle işlesek dersi.

Ö8: İlk görünce çok merak ettim.

Ö13: Çok heyecanlandık.

Ö19: 3B yazıcıyı çok sevdim. 3B yazıcı ile kesir modelleri üretmek farklıydı. Yazıcılar çok eğlenceliydi. O çok çok çok güzeldi.

2.1.2. İkinci Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar

‘Birim kesirleri karşılaştırır ve sıralar.’ kazanımına ilişkin öğretim sürecindeki

öğrenci günlük formlarından elde edilen verilere ait frekans (f) ve yüzde (%) değerleri Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. İkinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
1. Bu derste neler öğrendim?	Birim kesirleri karşılaştırmayı öğrendim.	6	%31,6
	Artık hangi kesrin daha büyük olduğunu hangi kesrin küçük olduğunu çok iyi biliyorum.	4	%21,1
	Terazi etkinliğini öğrendim.	4	%21,1
	Çok değişik yöntemlerle kesirleri karşılaştırmayı öğrendim.	3	%15,7
	Önemli bilgiler öğrendim.	2	%10,5
	Karşıma çıkan problemleri çözmemde işime yarayacak.	5	%26,2
2. Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim;	Kesirlerle ilgili olan şeyleri karşılaştırmamda işime yarayacak.	4	%21,1
	Karşıma çıkan matematik problemlerini çözmemde işime yarayacak.	4	%21,1
	Hangi nesnenin büyük hangi nesnenin küçük olduğunu bulurum.	3	%15,8
	İleriki öğrencilik hayatımda kolaylık sağlayacak.	3	%15,8
	Kesirleri karşılaştırmam için öğretiliyor. Böylece daha kolay karşılaştıracam.	4	%21,1
3. Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim;	Bir şeyleri tartarken hangisinin büyük olduğunu bulmam için öğretildi.	4	%21,1
	Matematik dersini kolay öğrenmem için öğretildi.	4	%21,1
	Teknolojiyi daha kolay kullanmam için öğretiliyor.	4	%21,1
	3B yazıcıyı daha iyi kullanmam için öğretiliyor.	3	%15,6
	Blokları 3B yazıcıdan çıkan terazi ile ölçmek çok eğlenceliydi.	10	%52,6
4. Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim;	Tinkercad ile yaptığım şeyi yazıcıya göndermek ve yazıcının çalışması hoşuma gitti.	7	%36,8
	Arkadaşlarımla beraber etkinlik yapmaktan çok hoşlandım.	1	%5,3
	Öğretmenimle beraber teraziden blokları tartmaktan hoşlandım.	1	%5,3
	Elektriklerin gitmesi kötü oldu.	9	%47,4
5. Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim;	Yazıcının bozulup tıkanması ve vaktin geçmesi hoşuma gitmedi.	5	%26,3
	Hoşlanmadığım bir şey olmadı.	5	%26,3

Tablo 13. (Devamı) İkinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
7. Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım;	Öğrenirken keyif aldım.	6	%31,6
	Kendimi mühendis gibi hissettim.	6	%31,6
	Eğlendim ve çok iyi öğrendiğimi hissettim.	4	%21,1
	Dersin hızlı geçtiğini düşünüyorum.	2	%10,5
	Hiçbir şey hissetmedim.	1	%5,2
8. Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim;	Eğlendim ve bu derste matematik kolay geldi.	5	%26,3
	Bilgisayar ve 3B yazıcıyla öğrenmek farklıydı.	5	%26,3
	Öğretmen daha kolay öğretti.	5	%26,3
	Keşke tüm dersler matematik olsa diye düşündüm.	3	%15,8
	Dersin her anında hareketliydik.	1	%5,3

Tablo 13 incelendiğinde; öğrencilerin ‘Bu derste neler öğrendim?’ kategorisine ait cevapları incelendiği zaman; %31,6 oranı ile ‘Birim kesirleri karşılaştırmayı öğrendim.’ ifadesi yer almaktadır. Daha sonra %21,1 oranı ile ‘Artık hangi kesrin daha büyük olduğunu hangi kesrin küçük olduğunu çok iyi biliyorum’ ve aynı oranda ‘Terazi etkinliğini öğrendim.’ ifadesinin yer aldığı görülmektedir. Tabloya bakıldığında %15,7 oranında ‘Çok değişik yöntemlerle kesirleri karşılaştırmayı öğrendim.’ ifadesinin ve en düşük ise %10,5 oranında ‘Önemli bilgiler öğrendim.’ ifadesinin yer aldığı görülmektedir.

Tablo 13’e göre öğrencilerin ‘Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevaplarının en yüksek %26,2 oranında ‘Karşıma çıkan problemleri çözmemde işime yarayacak.’ şeklinde olduğu görülmektedir. Tablo incelendiğinde; öğrenciler %21,1 oranında ‘Kesirlerle ilgili olan şeyleri karşılaştırmamda işime yarayacak.’ ve yine aynı oranda ‘Karşıma çıkan matematik problemlerini çözmemde işime yarayacak.’ ifadelerini benimsemişlerdir. Öğrencilerin verdiği diğer cevaplar incelendiğinde; % 15,8 oranla ‘Hangi nesnenin büyük hangi nesnenin küçük olduğunu bulurum.’ ve aynı oranla ‘İleriki öğrencilik hayatımda kolaylık sağlayacak.’ şeklinde cevaplar verdikleri görülmektedir.

Öğrencilerin ‘Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim’

kategorisine ait cevapları incelendiğinde; %21,1 oranında ‘Kesirleri karşılaştırmam için öğretiliyor. Böylece daha kolay karşılaştıracam’, aynı oranda ‘Bir şeyleri tartarken hangisinin büyük olduğunu bulmam için öğretildi’ ve aynı oranda ‘Matematik dersini kolay öğrenmem için öğretildi’ şeklindeki ifade ile ‘Teknolojiyi daha kolay kullanmam için öğretiliyor’ ifadelerine yer verdikleri görülmektedir. Bunun yanında % 15,6 oranında ise ‘3B yazıcıyı daha iyi kullanmam için öğretiliyor.’ şeklinde cevap verdikleri görülmektedir.

Öğrencilerin ‘Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim’ kategorisine verdikleri cevaplarına bakıldığında; %52,6 oranında ‘Blokları 3B yazıcıdan çıkan terazi ile ölçmek çok eğlenceliydi.’, %36,8 oranında ‘Tinkercad ile yaptığım şeyi yazıcıya göndermek ve yazıcının çalışması hoşuma gitti.’, %5,3 oranında ‘Arkadaşlarımla beraber etkinlik yapmaktan çok hoşlandım.’ ve aynı oranda ‘Öğretmenimle beraber teraziden blokları tartmaktan hoşlandım.’ cevaplarının yer aldığı görülmektedir.

‘Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim’ kategorisine ait öğrenci ifadeleri incelendiğinde; %47,4 oranında ‘Elektriklerin gitmesi kötü oldu.’, %26,3 oranında ‘Yazıcının bozulup tıkanması ve vaktin geçmesi hoşuma gitmedi.’ ve yine aynı oranda ‘Hoşlanmadığım bir şey olmadı.’ şeklinde ifadeler yer verdikleri görülmektedir.

Öğrenciler ‘Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım’ kategorisine %31,6 oranında ‘Öğrenirken keyif aldım.’ ve yine aynı oranda ‘Kendimi mühendis gibi hissettim.’ cevabını verirken, %21,1 oranında ‘Eğlendim ve çok iyi öğrendiğimi hissettim.’, %10,5 oranında ‘Dersin hızlı geçtiğini düşünüyorum.’ ve %5,2 oranında ise ‘Hiçbir şey hissetmedim.’ cevabını vermişlerdir.

Öğrencilerin ‘Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim’ kategorisine ait ifadelerine bakıldığında; %26,3 oranında ‘Eğlendim ve bu derste matematik kolay geldi.’, aynı oranda ‘Bilgisayar ve 3B yazıcıyla öğrenmek farklıydı.’ ve yine aynı oranda ‘Öğretmen daha kolay öğretti.’ şeklinde ifadeler yer verildiği görülmektedir. Bunun yanında öğrenciler %15,8 oranında ‘Keşke tüm dersler matematik olsa diye düşündüm.’ şeklinde ifade kullanırken, %5,3 oranında ise ‘Dersin her anında hareketliydik’ şeklinde bir ifade kullanmışlardır.

‘Birim kesirleri karşılaştırır ve sıralar.’ kazanımının öğretiminde, normal öğretim programı çerçevesinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin öğretim sürecine ilişkin günlük formlarından elde edilen veriler incelendiğinde; öğrenciler, kesirleri karşılaştırmayı kendilerine değişik gelen bir yöntemle öğrendiklerini ve 3B yazıcılardan çıkan materyalleri arkadaşlarıyla beraber paylaşarak dersi işlemenin eğlenceli olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte öğrenciler derse aktif olarak katılabildikleri yönünde görüş bildirmişlerdir. Öğrenci görüşlerine bakıldığında; derste 3B yazıcıların kullanılmasının, öğrencinin derse aktif katılmasını sağlayan, 3B modelleme, paylaşma ve bilişsel becerisini geliştiren bir yöntem olduğu söylenebilir.

Öğrencilerin bu kazanıma ilişkin öğrenci günlük formlarında yer verdikleri ifadelerden bazıları aşağıda sunulmuştur:

Ö1: Elektrikler gittiği için, yazıcı durdu. Yazıcının bozulup tıkanması ve vaktin geçmesi hoşuma gitmedi. Öğretmenimiz onu hemen tamir etti.

Ö5: Öğretmenimizle yaptığımız etkinlikler çok faydalı, Artık hangi kesrin daha büyük olduğunu ve küçük olanı çok iyi biliyorum.

Ö9: Diğer matematik dersleri biraz sıkıcı, hep aynı şeyler yapıyoruz. Bilgisayar ve 3B yazıcıyla öğrenmek bence farklı. Kendimi mühendis gibi hissettim.

Ö16: Çok heyecanlandım. Blokları 3B yazıcıdan çıkan terazi ile ölçmek çok eğlenceliydi. Öğretmenimiz bize yardım etti.

Ö17: Çok değişik yöntemlerle kesirleri karşılaştırmayı öğrendim.

2.1.3. Üçüncü Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar

‘Bir çokluğun belirtilen bir basit kesir kadarını belirler.’ kazanımına ilişkin öğretim sürecindeki öğrenci günlük formlarından elde edilen verilere ait frekans (f) ve yüzde (%) değerleri Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. Üçüncü Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
1. Bu derste neler öğrendim?	Bir çokluğu parçalamayı öğrendim.	6	%31,5
	Bir şeyin istenilen basit kesir kadar olan kısmını bulmayı öğrendim.	4	%21,1
	Etkinlik yapmayı öğrendim.	4	%21,1
	Kesirlerin basit bir konu olduğunu öğrendim.	3	%15,8
	Harika bir etkinlik ile bir bütünün parçalarının nasıl bulunacağını öğrendim.	2	%10,5
2. Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim;	Her yerde karşımıza çıkabilir.	5	%26,2
	Alışveriş yaparken karşımıza çıkabilir.	4	%21,1
	Bankalarda karşımıza gelebilir.	4	%21,1
	Bir şeyi ölçerken istediğimiz kısmını bulmak için yapabiliriz.	3	%15,8
	Daha iyi öğrenip matematiği anlamamızı sağlar.	3	%15,8
3. Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim;	Günlük hayatta kullanmam için öğretiliyor.	6	%31,6
	Sınavları geçmem için öğretiliyor.	5	%26,2
	İlerde mesleklerimizi daha iyi yapalım diye	4	%21,1
	Daha iyi hayal etmemiz için	4	%21,1
4. Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim;	Etkinlikle ders işlemekten hoşlandım.	10	%52,6
	Hayal etmekten hoşlandım.	7	%36,8
	Matematiği kolay yapmak hoşuma gitti.	1	%5,3
	Öğretmenimizin bilgisayarı bize kullandırması	1	%5,3
5. Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim;	Hoşlanmadığım bir şey olmadı.	19	%100
6. Bu ders işleniş hakkında neler hissettiğime dair duygularım;	Mutluluk hissettim.	12	%63,1
	Eğlendim ve çok iyi öğrendiğimi hissettim.	3	%15,8
	Kolay öğrendiğimi hissettim.	2	%10,5
	Heyecanlandım çünkü raporu sunduk	1	%5,3
	Grup değiştirdik ve yeni arkadaşlarımızla olmak bana çok şey kattı.	1	%5,3
7. Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim;	Eğlenceli bize daha iyi öğretiyor.	11	%57,9
	Diğer matematik dersleri sıkıcıydı bu zevkli	6	%31,5
	Soruları daha kolay çözdüm.	1	%5,3
	Etkinliklerde arkadaşlarla tartışmak farklı	1	%5,3

Tablo 14 incelendiğinde; öğrencilerin ‘Bu derste neler öğrendim?’ kategorisine ait verdikleri cevaplarda en fazla %31,5 oranında ‘Bir çokluğu parçalamayı öğrendim’ ifadesine yer verdikleri görülmektedir. Daha sonra %21,1 oranı ile ‘Bir şeyin istenilen basit kesir kadar olan kısmını bulmayı öğrendim’ ifadesi, aynı oranda ‘Etkinlik yapmayı öğrendim’ ifadesi yer almaktadır. Tabloya bakıldığında; %15,8 oranında ‘Kesirlerin basit bir konu olduğunu öğrendim’ ifadesi ve %10,5 oranında ‘Harika bir etkinlik ile bir bütünün parçalarının nasıl bulunacağını öğrendim.’ ifadesinin yer aldığı görülmektedir.

‘Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim’ kategorisine ait öğrenci cevapları incelendiğinde; en fazla %26,2 oranında ‘Her yerde karşımıza çıkabilir.’ şeklinde ifadeye yer verildiği görülmektedir. Tablo incelendiğinde öğrenciler; %21,1 oranında ‘Alışveriş yaparken karşımıza çıkabilir.’ ifadesine, aynı oranda ‘Bankalarda karşımıza gelebilir.’, % 15,8 oranında ‘Bir şeyi ölçerken istediğimiz kısmını bulmak için yapabiliriz.’, %15,8 oranında ise ‘Daha iyi öğrenip matematiği anlamamızı sağlar.’ ifadesine yer verdikleri görülmektedir.

Öğrencilerin ‘Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim’ kategorisine ait ifadeleri incelendiğinde; %31,6 oranında ‘Günlük hayatta kullanmam için öğretiliyor’ ifadesi, %26,2 oranında ‘Sınavları geçmem için öğretiliyor.’ ifadesi yer almaktadır. Ayrıca tabloda öğrencilerin %21,1 oranında ‘İlerde mesleklerimizi daha iyi yapalım diye’ ifadesi ve aynı oranda ‘Daha iyi hayal etmemiz için’ ifadelerine yer verdikleri görülmektedir.

Öğrencilerin ‘Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevaplarına bakılırsa; %52,6 oranında ‘Etkinlikle ders işlemekten hoşlandım.’ %36,8 oranında ‘Hayal etmekten hoşlandım.’ %5,3 oranında da ‘Matematiği kolay yapmak hoşuma gitti.’ ve aynı oranda ‘Öğretmenimizin bilgisayarını bize kullandırması çok hoşuma gitti.’ gibi ifadelere yer verildiği görülmektedir.

Öğrenciler ‘Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim’ kategorisine ait ifadelerinde %100 oranında ‘Hoşlanmadığım bir şey olmadı.’ şeklindeki ifade görülmektedir.

Öğrencilerin ‘Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım’ kategorisine ait cevapları incelendiğinde; %63,1 oranında ‘Mutluluk hissettim.’ şeklinde

%15,8 oranında ‘Eğlendim ve çok iyi öğrendiğimi hissettim.’ şeklinde cevap verdikleri görülmektedir. Öğrenciler, %10,5 oranında ‘Kolay öğrendiğimi hissettim.’ %5,3 oranında ‘Heyecanlandım çünkü raporu sunduk.’ ve aynı oranda ‘Grup değiştirdik ve yeni arkadaşlarımla olmak bana çok şey kattı.’ şeklinde cevaplar vermiştir.

‘Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim’ kategorisine ait öğrenci ifadeleri doğrultusunda; %57,9 oranı ile en büyük paya ‘Eğlenceli bize daha iyi öğretiyor.’ ifadesi sahiptir. Daha sonra %31,5 oranıyla ‘Diğer matematik dersleri sıkıcıydı bu zevkli.’ %5,3 oranıyla ‘Soruları daha kolay çözdüm.’ ve aynı oranda ‘Etkinliklerde arkadaşlarla tartışmak farklı.’ şeklindeki ifadeler görülmektedir.

‘Bir çokluğun belirtilen bir basit kesir kadarını belirler.’ kazanımının öğretiminde, normal öğretim programı çerçevesinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin öğretim sürecine ilişkin günlük formlarından elde edilen veriler incelendiğinde; Öğrencilerin, kesirlerin bankalarda ve alışveriş yaparken karşılımlarına çıkabileceğini ifade etmeleri, konuyu günlük hayatla ilişkilendirebildiklerinin bir göstergesi olarak görülebilir. Geleneksel eğitim yapılırken sıkılan öğrencilerin 3B yazıcıların kullanıldığı derslerde sıkılmadıklarını, teknolojiyi kullanmaktan hoşlandıklarını, derste öğrendiklerini daha rahat hayal edebildiklerini, korku ve kaygılarının azaldığını ifade etmeleri de 3B yazıcıların etkili bir öğretim yöntemi olduğunu destekler niteliktedir.

Öğrencilerin belirttikleri ifadelerden birkaçına aşağıda yer verilmiştir,

Ö7: Öğretmenimizin bilgisayarını bize kullandırması çok hoşuma gitti.

Ö9: Kesirlerin basit bir konu olduğunu öğrendim. Önceden kesirlerden korkuyordum şimdi artık öğrendim ve soruları yapabildim.

Ö14: Ben diğer derslerde sıkılıyordum şımarıyordum. Bu zevkli.

Ö16: Derslerde öğrendiklerimiz daha iyi hayal etmemiz için bize gösteriliyor.

Ö19: Derste hoşlanmadığım bir şey olmadı öğretmenimizle birlikte çok güzel etkinlikler yaptık. Oyunlar oynadık ve çok iyi öğrendiğimi düşünüyorum.

2.1.4. Dördüncü Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar

‘Paydaları eşit olan en çok üç kesri karşılaştırır.’ kazanımına ilişkin öğretim sürecindeki öğrenci günlük formlarından elde edilen verilere ait frekans (f) ve yüzde (%) değerleri Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15. Dördüncü Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
1. Bu derste neler öğrendim?	Kesirleri karşılaştırmayı öğrendim.	8	%42,1
	Pasta dilimleriyle kesirleri karşılaştırma öğrendim.	4	%21,1
	Arkadaşlarımla birlikte çalışmayı	4	%21,1
	Konuyu daha iyi öğrendim.	3	%15,7
2. Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim;	Pasta, yemek yaparken	5	%26,2
	Bir şeyi arkadaşlarımla paylaşırken	4	%21,1
	Her yerde işime yarar	4	%21,1
	Matematik sınavlarını kolay yapmak için	3	%15,8
	Lise ve üniversitede çıkabilir	3	%15,8
3. Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim;	Çok iyi öğrenmemiz için	12	%57,8
	Sınavları geçmem için öğretiliyor.	2	%10,5
	İlerde zorluk yaşamayalım diye	2	%10,5
	Başarılı öğrenci olmamız için	2	%10,5
	Eğlenmemiz için	1	%5,2
4. Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim;	3B yazıcıyla ürettiğimiz pastalarla ders işlemek	10	%52,6
	Etkinlikle dersler işlemek	6	%31,5
	Öğretmenimizin bizi sürekli kaldırıp sorular sorması.	1	%5,3
	Arkadaşlarımla grup oluşturmak	1	%5,3
	Bilgisayar ve yazıcı ile ders işlemek	1	%5,3
5. Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim;	Derste hoşlanmadığım bir şey olmadı	17	%89,5
	Bilgisayarı az kullanmak.	2	%10,5
6. Bu ders işleniş hakkında neler hissettiğime dair duygularım;	Çok eğlendim ve çok mutluyum.	7	%36,8
	Eğlendim ve çok iyi öğrendiğimi hissettim.	5	%26,3
	Çok iyi hissettim.	4	%21,0
	Yaratıcı olduğumu hissettim.	1	%5,3
	Etkinliklerle daha kolay öğrendiğimi hissediyorum.	1	%5,3
	3B yazıcılarla her şeyi üretebileceğimi hissettim.	1	%5,3
7. Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim;	Etkinliklerle daha iyi öğreniyorum.	11	%57,8
	Diğer matematik derslerinde vakit geçmiyordu bunda hızlıca bitiyor.	4	%21,1
	Matematik bana kolay gelmeye başladı	2	%10,5
	Hayatımda ilk defa matematiği çok seviyorum.	1	%5,3
	Öğretmen bizi sürekli tahtaya kaldırıp söz verdi.	1	%5,3

Tablo 15'deki öğrencilerin 'Bu derste neler öğrendim?' kategorisine ait verdikleri cevaplar incelendiğinde %42,1 oranında en büyük pay ile 'Kesirleri karşılaştırmayı öğrendim.' ifadesi yer almaktadır. Daha sonra %21,1 oranı ile 'Pasta dilimleriyle kesirleri karşılaştırma öğrendim.' ve aynı oranda 'Arkadaşlarımla birlikte çalışmayı öğrendim.' ifadeleri görülmektedir. En düşük pay ise %15,7 oranında 'Konuyu daha iyi öğrendim.' ifadesine aittir.

Öğrencilerin 'Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim' kategorisine ait cevapları incelendiğinde %26,2 oranı ile öğrenciler 'Pasta, yemek yaparken' cevabını vermişlerdir. Öğrencilerin %21,1'i 'Bir şeyi arkadaşlarımla paylaşırken' ve aynı oranda 'Her yerde işime yarar' ifadelerini kullanmışlardır. Tabloya bakıldığında öğrenciler % 15,8'i 'Matematik sınavlarını kolay yapmak için' ve yine aynı oranda 'Lise ve üniversitede çıkabilir' cevabını vermişlerdir.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde öğrenciler 'Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim' kategorisine %57,8 oranında 'Çok iyi öğrenmemiz için' cevabını vermiştir. %10,5 oranında 'Sınavları geçmem için öğretiliyor' aynı oranda 'İlerde zorluk yaşamayalım diye' ve yine aynı oranda 'Başarılı öğrenci olmamız için' cevaplarını vermişlerdir. Son olarak %5,2 oranında 'Eğlenmemiz için' şeklindeki ifade kullanılmıştır.

Öğrencilerin 'Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim' kategorisine ait verdikleri cevapları incelendiğinde; %52,6 oranında '3B yazıcıyla ürettiğimiz pastalarla ders işlemek' %31,5 oranında 'Etkinlikle dersler işlemek.' %5,3 oranında 'Öğretmenimizin bizi sürekli kaldırıp sorular sorması' aynı oranda 'Arkadaşlarımla grup oluşturmak' ve yine aynı oranda 'Bilgisayar ve yazıcı ile ders işlemek.' İfadelerinin yer aldığı görülmektedir.

Öğrenciler 'Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim' yönergesine %89,5 oranında 'Derste hoşlanmadığım bir şey olmadı', %10,5 oranında ise 'Bilgisayarı az kullanmak. Biraz daha fazla kullansaydım çok hoşuma giderdi.' şeklinde cevap vermiştir.

'Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım' kategorisine ait öğrenci ifadelerine bakıldığında zaman %36,8 oranında 'Çok eğlendiğim ve çok mutluyum.' ifadesi %26,3 oranında 'Eğlendim ve çok iyi öğrendiğimi hissettim.' ifadesi ve %21,0

oranında da ‘Çok iyi hissettim.’ şeklindeki ifade yer almaktadır. Ayrıca tabloya bakıldığında, %5,3 oranında ‘Yaratıcı olduğumu hissettim.’ ifadesi ve ‘Etkinliklerle daha kolay öğrendiğimi hissediyorum.’ ifadesi yer almaktadır.

Öğrencilerin ‘Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevapları incelendiği zaman %57,8 oranı ile en yüksek paya ‘Etkinliklerle daha iyi öğreniyorum.’ ifadesi sahiptir. Daha sonra %21,1 oranıyla ‘Diğer matematik derslerinde vakit geçmiyordu bunda hızlıca bitiyor.’ ifadesi ile %10,5 oranında ‘Matematik bana kolay gelmeye başladı.’ ifadesi gelmektedir. Son olarak ise %5,3 oranında ‘Hayatımda ilk defa matematiği çok seviyorum.’ Ve aynı orana sahip olan ‘Öğretmen bizi sürekli tahtaya kaldırıp söz verdi.’ şeklinde ki ifadeler yer almaktadır.

‘Paydaları eşit olan en çok üç kesri karşılaştırır.’ kazanımının öğretiminde, normal öğretim programı çerçevesinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin öğretim sürecine ilişkin günlük formlarından elde edilen veriler incelendiğinde; Öğrencilerin 3B yazıcılarla işlenen derslerde yaratıcılık becerilerinin geliştiğini fark etmeleri ve kendi ürettiği materyallerle daha mutlu olduğunu ifade etmeleri, 3B yazıcılarla kendi ürettiklerini kullanmalarının faydalı olabileceğini kanıtlar nitelik taşıdığı söylenebilir. Bunun yanında öğrencilerin ileride karşılaşabileceği zorlukların üstesinden gelebileceğini fark etmeleri, bu yazıcıların 21.yy becerilerinden olan teknoloji okuryazarlığına katkı sağlayabileceği düşüncesini kuvvetlendirmektedir.

Öğrencilerin bu kazanıma ilişkin öğrenci günlük formlarında yer verdikleri ifadelerden bazıları aşağıda sunulmuştur:

Ö4: Pasta dilimleriyle kesirleri karşılaştırma öğrendim. Bu etkinlikler beni çok eğlendirdi. Öğretmenimiz gerçekten çok değişik bir yazıcı ile bize öğretiyor.

Ö9: Öğretmenim bana derste öğrendiklerimi ileride zorluk yaşamayalım diye öğrettiğini düşünüyorum.

Ö11: Diğer matematik derslerinde konuyu öğretirken vakit geçmiyordu bunda hızlıca bitiyor. Bence bu farklı.

Ö13: 3B yazıcılarla her şeyi üretebileceğimi hissettim. Çünkü değişik değişik şeyler ürettik hep beraber. Sonra onlarla oynadık. Derste çok eğlendim.

Ö15: Bilgisayarı az kullanmak hoşuma gitmedi. Bilgisayarı çok seviyorum diğer derste biraz daha fazla kullansak mı.

2.1.5. Beşinci Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar

‘Paydaları eşit kesirlerle toplama ve çıkarma işlemi yapar.’ kazanımına ilişkin öğretim sürecindeki öğrenci günlük formlarından elde edilen verilere ait frekans (f) ve yüzde (%) değerleri Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Beşinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
1. Bu derste neler öğrendim?	Kesir dominosu oyunu ile kesirlerde toplama ve çıkarmayı öğrendik.	8	%42,1
	Çok güzel şeyler öğrendim.	4	%21,1
	Arkadaşlarımla tartışarak konuyu öğrendim.	4	%21,1
	Konuyu çok daha iyi öğrendim.	3	%15,7
	Hayatımda her zaman işime yarayacak.	8	%42,1
2. Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim;	Bir şeyi hesaplama yaparken işimize yarayacak	4	%21,0
	Kesirler günlük hayatta her yerde karşımıza çıkabilir	3	%15,7
	Gelecekte çoğu şeyi kolaylaştırmaya yarar	1	%5,3
	Kesirlerle ilgili işlemlerde işime yarayacak	1	%5,3
	Alışveriş yaparken çok işime yarar.	1	%5,3
	Matematikte iyi not alırsam ailem bana hediye alır	1	%5,3
	Çok iyi öğrenmemiz için	12	%63,1
3. Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim;	Başarılı olmamız için.	3	%15,8
	İlerde işimizde kullanabiliriz	2	%10,5
	Matematik sınavlarını daha kolay yapmak için	1	%5,2
	Problemleri çözmemiz için	1	%5,2
	3B yazıcılarla her şeyi üretip mühendis olmamız için.	1	%5,2
	Etkinliklerin hepsi çok güzeldi	10	%52,6
4. Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim;	Oyun oynamaktan çok hoşlandım.	6	%31,5
	Öğretmenimizin bizi sürekli kaldırıp sorular sorması çok hoşuma gitti.	1	%5,3
	Arkadaşlarımla grup oluşturarak yeni şeyler yapmak	1	%5,3
	Yazıcıdan bir şeyler çıkması çok hoşuma gitti.	1	%5,3

Tablo 16. (Devamı)Beşinci Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
6. Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim;	Derste hoşlanmadığım bir şey olmadı	18	%94,7
	Her şey çok güzeldi	1	%5,3
7. Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım;	Eğlendim ve çok iyi öğrendiğimi hissettim.	7	%36,8
	Oyun oynayarak çok iyi öğrendiğimi hissettim.	5	%26,3
	Dersin çok eğlenceli ve zevkli olduğunu hissettim.	4	%21,0
	Yazıcılarla her şeyi üretebileceğimi hissettim.	1	%5,3
	Mutluluk ve heyecan hissettim.	1	%5,3
	Öğretmenimi sevdiğimi hissettim.	1	%5,3
8. Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim;	3B yazıcıdan üretim yapmak	7	%36,8
	3B yazıcıdan çıkanlarla etkinlik yapmak farklı	7	%36,8
	Öğretmenimiz bizi tartıştırdı sonra doğrusu ne olabilir demesi farklı	1	%5,3
	Matematik çok zevkli artık	1	%5,3
	Hepimiz etkinliğe katıldık. Eğlendik.	1	%5,3
	Kendi oyunumu yapmak	1	%5,3
	Bilgisayarla uğraşmak eğlenceli	1	%5,3

Tablo 16'daki öğrencilerin 'Bu derste neler öğrendim?' kategorisine ait cevapları incelendiği zaman %42,1 oranı ile en büyük paya 'Kesir dominosu oyunu ile kesirlerde toplama ve çıkarmayı öğrendik.' cevabı sahiptir. Daha sonra %21,1 oranı ile 'Çok güzel şeyler öğrendim.' ve aynı oranda 'Arkadaşlarımla tartışarak konuyu öğrendim.' cevapları yer almaktadır. En düşük paya sahip olan 'Konuyu çok daha iyi öğrendim.' cevabı ise %15,7 oranındadır.

Öğrencilerin 'Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim' kategorisine ait cevapları incelendiğinde %42,1 oranı ile 'Hayatımda her zaman işime yarayacak.' %21,0 oranıyla 'Bir şeyi hesaplama yaparken işimize yarayacak.' cevabı yer almaktadır Öğrenciler % 15,7 oranda 'Kesirler günlük hayatta her yerde karşımıza çıkabilir.' şeklinde ifade kullanırken. %5,3 oranında 'Gelecekte çoğu şeyi kolaylaştırmaya yarar.', 'Kesirlerle ilgili işlemlerde işime yarayacak.', 'Alışveriş yaparken çok işimize yarar.' ve yine aynı oranda 'Matematikte iyi not alırsam ailem bana hediye alır.' şeklindeki ifadeleri kullanmışlardır.

Yukarıdaki tabloda öğrencilerin 'Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine

dair düşüncelerim' kategorisine ait cevapları incelendiğinde %63,1 oranında 'Çok iyi öğrenmemiz için' cevabı görülmektedir. %15,8 oranında 'Başarılı olmamız için', %10,5 oranında ise 'İlerde işimizde kullanabiliriz' cevabı %5,2 oranında 'Matematik sınavlarını daha kolay yapmak için' aynı oranda 'Problemleri çözmemiz için' ve yine aynı oranda '3B yazıcılarla her şeyi üretip mühendis olmamız için' şeklindeki cevapları görülmektedir.

Öğrencilere 'Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim' kategorisine ait cevapları %52,6 oranında 'Etkinliklerin hepsi çok güzeldi.' %31,5 oranında 'Oyun oynamaktan çok hoşlandım.' %5,3 oranında 'Öğretmenimizin bizi sürekli kaldırıp sorular sorması çok hoşuma gitti.' aynı oranda 'Arkadaşlarımla grup oluşturarak yeni şeyler yapmak ve yine aynı oranda 'Yazıcıdan bir şeyler çıkması çok hoşuma gitti.' şeklinde olduğu görülmektedir.

Tabloya göre, öğrencilerin 'Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim' kategorisine ait ifadeleri ise %94,7 oranında 'Derste hoşlanmadığım bir şey olmadı.' Ve %5,3 oranında 'Her şey çok güzeldi.' şeklindedir.

Öğrenciler 'Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım' yönergesine %36,8 oranında 'Eğlendim ve çok iyi öğrendiğimi hissettim', %26,3 oranında ise 'Oyun oynayarak çok iyi öğrendiğimi hissettim' şeklinde ifade kullanmışlardır. Tabloya bakıldığında %21,0 oranı ile 'Dersin çok eğlenceli ve zevkli olduğunu hissettim.', %5,3 oranı ile de 'Yazıcılarla her şeyi üretebileceğimi hissettim.', 'Mutluluk ve heyecan hissettim.', 'Öğretmenimi sevdiğimi hissettim.' şeklinde cevaplar görülmektedir.

'Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim' kategorisine ait öğrenci ifadelerine bakıldığında; %36,8 oranında '3B yazıcıdan çıkanlarla etkinlik yapmak farklı.' ifadesi yer almaktadır. Tabloda %5,33 oranında 'Öğretmenimiz bizi tartıştırdı sonra doğrusu ne olabilir demesi farklı' ifadesi 'Matematik çok zevkli artık' aynı oranda 'Hepimiz etkinliğe katıldık. Eğlendik.' 'Kendi oyunumu yapmak' ve yine aynı oranda 'Bilgisayarla uğraşmak eğlenceli' şeklindeki ifadeler yer almaktadır.

'Paydaları eşit kesirlerle toplama ve çıkarma işlemi yapar.' kazanımının öğretiminde, normal öğretim programı çerçevesinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin

öğretim sürecine ilişkin günlük formlarından elde edilen veriler incelendiğinde; Öğrenciler etkinliklerden çok zevk aldıklarını, etkinlik içinde 3B yazıcılar yardımıyla üretilen modellerden kullanılarak tasarlanan oyunlar ile çok iyi öğrendiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin bu yazıcıların kullanıldığı derste tartışma yaptıklarını ve böyle daha iyi öğrendiklerini belirtmişlerdir. Bu bağlamda 3B yazıcıların kullanıldığı ders esnasında öğrencilerin argümantasyon tekniğinden yararlanmalarının bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye katkı sağladığı söylenebilir.

Bu kazanıma ilişkin öğrenci günlük formlarında yer verilen ifadelerden bazıları aşağıda sunulmuştur:

Ö1: Bu derste kesir dominosu oyunu ile kesirlerde toplama ve çıkarmayı öğrendik. O kadar zevkliydi ki, Allah'ım keşke biraz daha oynasak dedim içimden ama zil çaldı ders bitti.

Ö13: Bence derste öğretilen 3B yazıcılarla her şeyi üretip mühendis olmamız için. Ben anneme 3B yazıcıyla ev yapacağım çünkü evler yapılabiliyormuş öğretmenimiz bunu söylemişti.

Ö18: Öğretmenimiz şimdi tartışma zamanı grup arkadaşlarıyla bu konuyu konuş bakalım demesi öğretmenimiz bizi tartıştırdı sonra doğrusu ne olabilir demesi farklı.

2.1.6. Altıncı Kazanımın Öğretimine İlişkin Öğrenci Günlüklerinden Yansımalar

'Kesirlerle toplama ve çıkarma işlemlerini gerektiren problemleri çözer.' kazanımına ilişkin öğretim sürecindeki öğrenci günlük formlarından elde edilen verilere ait frekans (f) ve yüzde (%) değerleri Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Altıncı Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
1. Bu derste neler öğrendim?	Sihirli çark etkinliği ile toplama çıkarmayı daha iyi öğrendim	10	%52,7
	Oyun oynayarak kesirleri öğrendim.	5	%26,3
	Kesirlerde toplama çıkarma işlemi çok iyi öğrendim.	2	%10,5
	Kesirlerle ilgili problemleri öğrendik.	2	%10,5
	Gelecekte işime yarayacak	7	%36,8
2. Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim;	Problemleri çözmemizi sağlar.	5	%26,3
	Her yerde karşımıza çıkabilir.	3	%15,8
	Mimar olduğumda hesaplar yaparken kullanabilirim.	3	%15,8
	Mühendis olmamızı sağlar.	1	%5,3

Tablo 17. (Devamı)Altıncı Kazanıma Ait Öğrenci Günlüklerinin Analizi

	Öğrenci Günlükleri	Frekans (f)	Yüzde (%)
3. Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim;	Matematiği iyi öğrenmemiz için	9	%47,3
	Başarılı olmamız için.	5	%26,3
	Mesleklerde işimize yarayacağı için	2	%10,5
	Bir sürü problemi çözmemiz için öğretiliyor.	1	%5,3
	Matematiği kolay öğrenmemiz için öğretiyor.	1	%5,3
	Toplama çıkarma işlemi yapmam için öğretildi.	1	%5,3
4.Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim;	Etkinlik yapmak hoşuma gitti.	7	%36,8
	3B yazıcı ile uğraşmak hoşuma gitti.	3	%15,8
	Problemleri çözmek hoşuma gitti.	3	%15,8
	Sihirli çark ile oynamak çok hoşuma gitti.	3	%15,8
	Her şey hoşuma gitti	3	%15,8
5. Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim;	Derste hoşlanmadığım bir şey olmadı	18	%94,7
	Öğretmenin sorduğu soruyu bilemedim	1	%5,3
6. Bu ders işleniş hakkında neler hissettiğime dair duygularım;	Eğlendim ve çok mutlu oldum.	7	%36,8
	Oyun oynamaktan zevk aldım.	5	%26,3
	Kesirleri çok iyi öğrendiğimi hissediyorum.	3	%15,7
	Problem çözme isteği duydum.	1	%5,3
	Coşku ve heyecan	1	%5,3
	Üzıldüm. Çünkü öğretmenimin sorusunu bilemedim	1	%5,3
	Dikkatimin arttığını hissediyorum.	1	%5,3
7. Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim;	Oyun oynayarak öğrenmek farklı	8	%42,1
	Matematik çok eğlenceli bir ders	4	%21,0
	Konuların işleniş farklı	2	%10,5
	Matematik çok zevkli artık	2	%10,5
	Hepimiz etkinliğe katıldık. Eğlendik.	1	%5,3
	Her şey farklı	1	%5,3
	Herkes dersi dinliyor.	1	%5,3

Tablo 17’de öğrencilerin ‘Bu derste neler öğrendim?’ kategorisine ait verdikleri cevaplar incelendiği zaman %52,7 oranında ‘Sihirli çark etkinliği ile toplama çıkarmayı daha iyi öğrendim.’ cevabı yer almaktadır. Daha sonra %26,3 oranı ile ‘Oyun oynayarak kesirleri öğrendim.’ cevabı görülmektedir. Son olarak %10,5 oranında ‘Kesirlerde toplama çıkarma işlemi çok iyi öğrendim.’ İle aynı orana sahip olan ‘Kesirlerle ilgili problemleri öğrendik.’ cevabı yer bulmaktadır.

Öğrencilerin ‘Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevapları incelendiğinde %36,8 oranında öğrenciler ‘Gelecekte işime yarayacak.’ ifadesini kullanırken %26,3 oranında ‘Problemleri çözmemizi sağlar.’ şeklindeki ifadeyi % 15,8 oranında ‘Her yerde karşımıza çıkabilir.’ ve aynı oranda ‘Mimar olduğumda hesaplar yaparken kullanabilirim’ şeklindeki ifadeleri kullandıkları görülmektedir. Son olarak tabloya bakıldığında %5,3 oranında ‘Mühendis olmamızı sağlar’ şeklinde ifade yer almaktadır.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde öğrenciler ‘Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevapları %47,3 oranında ‘Matematiği iyi öğrenmemiz için’ % 26,3 oranında ‘Başarılı olmamız için’ %10,5 oranında ‘Mesleklerde işimize yarayacağı için’ şeklindedir. Tabloda %5,3 oranında ‘Bir sürü problemi çözmemiz için öğretiliyor’ ile aynı oranda ‘Matematiği kolay öğrenmemiz için öğretiyor’ ve yine aynı oranda ‘Toplama çıkarma işlemi yapmam için öğretildi’ ifadeleri yer almaktadır.

‘Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim’ kategorisine ait cevaplara bakıldığında; %36,8 oranında ‘Etkinlik yapmak hoşuma gitti.’ %15,8 oranında ‘3B yazıcı ile uğraşmak hoşuma gitti.’ cevabı ile ‘Problemleri çözmek hoşuma gitti.’ cevabının yanı sıra ‘Sihirli çark ile oynamak çok hoşuma gitti.’ cevabı ile aynı oranda ‘Her şey hoşuma gitti.’ cevabını verdikleri görülmektedir.

Öğrencilerin ‘Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim’ kategorisine ait ifadelerine bakıldığında; %94,7 oranında ‘Derste hoşlanmadığım bir şey olmadı.’, %5,3 oranında ‘Öğretmenin sorduğu soruyu bilemedim.’ şeklinde ifadeler yer almaktadır.

‘Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım’ kategorisine ait öğrenci ifadeleri tabloya bakıldığında %36,8 oranıyla ‘Eğlendim ve çok mutlu oldum.’ %26,3 oranıyla ‘Oyun oynamaktan zevk aldım.’ %15,7 oranıyla ‘Kesirleri çok iyi öğrendiğimi hissediyorum.’ ve %5,3 oranıyla ‘Problem çözme isteği duydum.’ ‘Coşku ve heyecan’ ‘Üzülüm. Çünkü öğretmenimin sorusunu bilemedim.’, ‘Dikkatimin arttığını hissediyorum.’ şeklindeki ifadelerdir.

Öğrencilerin ‘Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim’ kategorisine ait ifadeleri incelendiğinde; %42,1 oran ile en fazla ‘Oyun oynayarak öğrenmek farklı,’ ifadesine daha

sonra %21,0 oran ile ‘Matematik çok eğlenceli bir ders,’ ifadesine %10,5 oran ile ‘Konuların işlenişi farklı’, ‘Matematik çok zevkli artık.’ ifadelerine yer verdikleri görülmektedir. %5,3 oran ile en az ise ‘Hepimiz etkinliğe katıldık. Eğlendik.’, ‘Her şey farklı’, ‘Herkes dersi dinliyor.’ şeklindeki ifadelere yer vermiştir.

‘Kesirlerle toplama ve çıkarma işlemlerini gerektiren problemleri çözer.’ kazanımının öğretiminde, normal öğretim programı çerçevesinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin öğretim sürecine ilişkin günlük formlarından elde edilen veriler incelendiğinde; 3B yazıcıların kullanıldığı etkinlikler yaparken, öğrenciler problem çözmeye istekli olduklarını ve artık daha kolay problem çözümü yaptıklarını belirtmişlerdir. Bu bağlamda kesirler ünitesinin öğretiminde 3B yazıcı kullanımının öğrencilerin problem çözme becerilerine olumlu yönde katkı sağladığı düşünülebilir.

Öğrencilerin bu kazanıma yönelik günlük formlarında belirttikleri ifadelerden bazıları aşağıda sunulmuştur:

Ö2: Sihirli çark etkinliği ile toplama çıkarmayı daha iyi öğrendim. Çark dönerken biraz takılıyordum ama yinede benim çok hoşuma gitti.

Ö13: Mimar olduğumda anneme ev yaparken hesaplar yaparken kullanabilirim.

Ö10: O kadar güzel öğrendim ki kesir problemlerini. Derste hep problem çözmek istedim durdum.

Ö16: Matematik çok eğlenceli ve çok zevkli bir ders artık. Önceden biraz yapamadığım için üzülüyordum.

2.2. ÜÇÜNCÜ ALT PROBLEME İLİŞKİN BULGULAR VE YORUM

Bu kısımda deney grubu öğrencilerinin üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile geliştirilen etkinlikler ve ders içeriği hakkındaki görüşleri incelenmiştir. Bu bağlamda deney grubu öğrencilerinin son test puan ortalamaları incelenmiş ve düşük-orta-yüksek puan ortalamasına sahip 3’er öğrenci olmak üzere toplam 9 öğrenci ile yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Uygulama süreci sonunda öğrencilerin görüşleri incelenerek elde edilen veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. Öncelikle görüşler incelenerek kodlar oluşturulmuştur. Kodlama yapılırken konuyla ilgili olmayan görüşlere herhangi bir kod verilmemiştir. Yapılan kodlamaların frekans ve yüzdelerine bakılarak tablolar oluşturulmuştur.

Yapılandırılmış görüşme formunda öğrencilere, birinci soru olarak “Matematik dersinde neler öğreniyorsunuz? Ne tür konular işliyorsunuz? Hangi konuları öğrenmede zorlanıyorsunuz?” soruları sorulmuştur. Öğrencilerin bu sorulara ilişkin görüşlerine yönelik bulgular; tema, alt temalar, kodlar, frekans ve yüzde değerleri ile Tablo 18’de sunulmuştur

Tablo 18. Öğrencilerin Matematik Dersinin İçeriği ile İlgili Görüşleri

Tema	Alt temalar	Kodlar	Öğrenciler	f	%
Matematik dersinin içeriği ve öğrenmesi zor olan konular	İşlenen Konular	Doğal Sayılar konusu,	DP1, DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	9	% 100
		Kesirler ve Doğal Sayıları işliyoruz,	DP1, OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	6	% 66,6
		Önemli konular işleniyor,	DP1, DP3, OP3, YP1, YP2	5	% 55,5
		Hayatımda işime yarayacak konuları öğreniyorum,	OP2, YP1, YP3	3	% 33,3
		3B yazıcılarla konuları işledik,	YP1, YP2	2	% 22,2
	Zor olan konu	Doğal sayılarda işlemler yapmak zor,	DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2	7	% 77,7
		Doğal sayılarda işlemler uzun sürüyor,	DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2	7	% 77,7
		Kesirlerle işlemlerde de biraz zorlanıyorum,	DP1, DP2	3	% 33,3
		Hepsi zor,	DP1	1	% 11,1
		Konular çok kolay bence.	YP3	1	% 11,1

DP: Düşük puanlı öğrenci; OP: Orta puanlı öğrenci; YP: Yüksek puanlı öğrenci

Tabloda görüldüğü üzere görüşmeye katılan öğrencilerin matematik dersinin içeriği ile ilgili görüşleri işlenen konular ve zor olan konu olarak 2 alt temada toplanmıştır. İşlenen konular alt temasında öğrencilerin % 100 ‘ü Doğal Sayılar konusunun, %66,6’sı kesirler ve doğal sayılar konusunun, %55,5’i önemli konuların işlendiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin %33,3’ü ise hayatında işine yarayacak konuları öğrendiğini, %22,2’si de 3B yazıcılarla konuları işlediğini, söylemiştir. Zor olan konu alt kategorisinde; öğrencilerin %77,7’si ‘Doğal sayılarda işlemler yapmak zor’ ve yine aynı oranda ‘Doğal sayılarda işlemler uzun sürüyor’ demişlerdir. Ayrıca % 33,3’ü kesirlerle işlemlerde biraz zorlandığını, %11,1’i hepsinin zor olduğunu ve konuların çok kolay olduğunu ifade etmişlerdir.

3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler ile ders işleme sürecindeki matematik dersinin içeriğine ilişkin görüşlerine bakıldığında, farklı seviyedeki tüm öğrenciler, kesirler konusunda değil de uygulama öncesi işlenen bir konu olan doğal sayılarda zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca zor olan konu alt kategorisinde DP1 ve DP2 dışında kesirlerle işlemlerde zorlanıyorum ve hepsi zor ifadesini kullanan öğrencinin olmaması, 5E öğrenme halkası modeline uygun 3B yazıcıların kullanıldığı etkinliklerin bu grupta uygulanmasıyla kesirler konusunda etkili bir öğrenmenin gerçekleşebileceği görüşünü kuvvetlendirecek niteliktedir. Aynı zamanda yüksek puan seviyesindeki öğrencilerden YP1 ve YP2 3B yazıcılarla ders işlendiğini söylemeleri, 3B yazıcıların derslerde kullanımının verimli olup olmaması açısından önem taşımaktadır.

Öğrencilerle yapılan yapılandırılmış görüşme sonunda öğrencilerin matematik dersinin içeriği ile ilgili görüşlerinden bazıları aşağıda sunulmuştur:

DP1: Matematik dersinde doğal sayılar konusunu mu ne öğreniyoruz herhalde. Bizim için önemli konular işliyoruz mesela kesirleri de işliyoruz doğal sayılar demiştim. Hepsinde, kesirler de zorlanıyorum ben öğretmenim.

DP2: Doğal sayılar, doğal sayılar konusunu işliyoruz. Doğal sayılarla işlem yapmak zamanımı çok alıyor öğretmenim. Hem zorlanıyorum da. Ha bir de yeni öğrendiğimiz kesirler farklı geldi bana öğrenemedim, zor öğretmenim.

YP1: Önceden doğal sayıları öğrenmiştik zaten. Şimdi kesirleri. Aslında öğretmenim hayatımda işime yarayacak konuları öğreniyorum. Öğretmenim okulumuzdaki 3B yazıcıyı kullanarak bizim için önemli konuları işledik öğretmenim. Çok zevkliydi. Doğal sayılarda işlemler konusu işlemler bazen çok zamanımı alıyor zorlanıyorum.

YP2: Doğal sayılar, kesirler gibi çok önemli konular öğreniyoruz. Seneye işime yarayacak konuları üç boyutlu yazıcının olduğu sınıfa giderek öğrendim öğretmenim. Zorlandığım doğal sayılar bence uzun ve bazen sıkıcı.

Yapılandırılmış görüşme formunda öğrencilere, ikinci soru olarak “Matematik dersi sence nasıl işlenmeli?” sorusu sorulmuştur. Öğrencilerin bu soruya ilişkin görüşlerine yönelik bulgular; tema, kodlar, frekans ve yüzde değerleri ile Tablo 19’da sunulmuştur.

Tablo 19. Öğrencilerin Matematik Dersinin Nasıl İşlenmesi Gerektiği İle İlgili Görüşleri

Tema	Kodlar	Öğrenciler	f	%
Matematik dersinin işlenişi	Kesirlerde yaptığımız etkinlik gibi şeyler kullanılmalı,	DP1, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	8	%88,8
	Oyun oynayarak öğretilmeli,	DP1,DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2	7	%77,7
	Bilgisayar ve 3B yazıcılar kullanılması matematiği eğlenceli hale getiriyor,	DP1, DP3, OP1,OP2, YP1, YP2, YP3	7	%77,7
	Arkadaşlarımla grup çalışması yaparak işlenmeli	OP1, OP3, YP1, YP2, YP3	5	%55,5
	Beni sıkmadan işlense iyi olur,	DP1, DP3, OP1	3	%33,3
	Öğretmenimizin yardım edip işlmesini istiyorum,	DP1, YP1	2	%22,2
	Fikrim yok.	DP2	1	%11,1

DP: Düşük puanlı öğrenci; OP: Orta puanlı öğrenci; YP: Yüksek puanlı öğrenci

Tablo 19 incelendiğinde görüşmeye katılan öğrencilerin matematik dersinin nasıl işlenmesi gerektiği ile ilgili görüşleri incelendiğinde, %88,8 oranında ‘Kesirlerde yaptığımız etkinlik gibi şeyler kullanılmalı.’ %77,7 oranında ‘Oyun oynayarak öğretilmeli.’, % 77,7 oranında ‘Bilgisayar ve 3B yazıcılar kullanılması matematiği eğlenceli hale getiriyor.’ %55,5 oranında ‘Arkadaşlarımla grup çalışması yaparak işlenmeli.’ şeklinde görüş bildirmişlerdir. Ayrıca tabloya bakıldığında %33,3 oranında ‘Beni sıkmadan işlense iyi olur ’%22,2 oranında ‘Öğretmenimizin bize yardım ederek işlmesini istiyorum.’ ve %11,1 oranında ‘Fikrim yok’ ifadeleri görülmüştür.

3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler ile ders işleme sürecindeki matematik dersinin nasıl işlenmesi gerektiğine ilişkin öğrenci görüşlerine bakıldığında; görüşmeye katılan öğrencilerin tamamına yakını, kesirler konusundaki etkinlikler gibi ders işlenmesi gerektiğini ve aynı şekilde yedi öğrenci de 3B yazıcıların kullanılmasının dersi eğlenceli hale getirdiğini, beş öğrenci de arkadaşlarıyla grup çalışması yaparak dersin işlenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu doğrultuda, 3B yazıcılarla desteklenmiş 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin kesirler konusunda uygulanması öğrencilerin derse karşı olumlu bir tutum sergilemesine olanak sağlayacağı ön görülmektedir. Ayrıca 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler öğrencileri grup çalışmasına yönlendirerek işbirlikçi öğrenmeyi destekleyebileceği düşünülmektedir.

Öğrencilerle yapılan yapılandırılmış görüşme sonunda öğrencilerin matematik dersinin nasıl işlenmesi gerektiği ile ilgili belirttikleri görüşlerden bazıları aşağıda sunulmuştur:

DP1: Kesirlerde yaptığımız etkinlikler gibi şeyler kullanılmalı. O zaman daha iyi öğreniriz. Mesela abaküs benim o kadar hoşuma gitti ki. Öğretmenim ben çok iyi öğrendiğim için abaküsü bana hediye olarak verdi.

YP1: Oyun oynayarak öğretilmeli. Böylece matematik dersi kesirlerdeki gibi daha eğlenceli hale gelir ve hızlı öğreniriz. Bilgisayardan etkinlikte yapacağımız modeli çıkararak işlenmeli. Ama öğretmenimizin bize yardım ederek işlemesi daha iyi oluyor bence.

DP3: Bilgisayar ve 3B yazıcılar kullanılması matematiği eğlenceli hale getiriyor. Bilgisayarı çok seviyorum. O yüzden matematik dersi bilgisayar ve bilgisayar gibi 3B yazıcı kullanarak işlenmesini istiyorum.

YP3: Arkadaşlarımla grup çalışması yaparak işlenmeli. O zaman çok daha iyi oluyor. Arkadaşlarımla hepsi de öğrenmiş oluyor.

Yapılandırılmış görüşme formunda öğrencilere, üçüncü soru olarak “Matematik dersinde hangi etkinlikleri yapıyorsunuz? Sence nasıl etkinlikler yapılmalı?” soruları sorulmuştur. Öğrencilerin bu soruya ilişkin görüşlerine yönelik bulgular; tema, kodlar, frekans ve yüzde değerleri ile Tablo 20’de sunulmuştur.

Tablo 20. Öğrencilerin Matematik Dersinde Yapılan Etkinliklerle İlgili Görüşleri

Tema	Kodlar	Öğrenciler	f	%
Matematik dersinin yapılan etkinlikler	Çok eğlenceli etkinlikler yapıyoruz, hep böyle etkinlikler olsun,	DP1, DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	9	%100
	Arkadaşlarımla beraber 3B yazıcıdan bir şeyler ürettim,	DP1, DP3, OP1, OP3, YP1, YP2, YP3	7	%77,7
	Kesirlerle ilgili 3B yazıcıdan etkinlikler yaptık,	DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2	7	%77,7
	Farklı farklı etkinlikler ve güzel oyunlar,	DP2, DP3, OP1,OP2, YP1, YP3	6	%66,6
	Matematik dersi daha fazla olmalı,	DP3, OP1,OP2, YP2, YP3	5	%55,5
	Oyunlu etkinlikler yapıyoruz,	DP1, DP2, DP3, OP1, YP3	5	%55,5
	Çok zevkli ve farklı,	OP1,OP2, YP1, YP2	4	%44,4
	Öğretici etkinlikler yaptık,	DP1, DP2, OP3	3	%33,3
	Bilgisayar sınıfında 3B yazıcı kullanarak bir sürü etkinlik yaptık,	OP1,OP2	2	%22,2
Dersle ilgili etkinlikler yapıyoruz. Oyuncak araba üretebiliriz.	YP3	1	%11,1	

DP: düşük puanlı öğrenci; OP: orta puanlı öğrenci; YP: yüksek puanlı öğrenci

Tablo 20 incelendiğinde görüşmeye katılan öğrencilerin matematik dersinde yapılan etkinliklerle ilgili görüşleri; %100 oranında ‘Çok eğlenceli etkinlikler yapıyoruz,

hep böyle etkinlikler olsun.’, %77,7 oranında ‘Arkadaşlarımla beraber 3B yazıcıdan bir şeyler ürettim.’, ve aynı oranda ‘Kesirlerle ilgili 3B yazıcıdan etkinlikler yaptık.’ şeklindedir. Tabloya bakıldığında öğrenciler, %66,6 oranında ‘Farklı farklı etkinlikler ve güzel oyunlar.’, %55,5 oranında ‘Matematik dersi daha fazla olmalı.’ aynı oranda ‘Oyunlu etkinlikler yapıyoruz.’ %44,4 oranında ‘Çok zevkli ve farklı’, şeklinde ifadeler kullanmıştır. Ayrıca, %33,3 oranında ‘Öğretici etkinlikler yaptık.’ %22,2 oranında ‘Bilgisayar sınıfında 3B yazıcı kullanarak bir sürü etkinlik yaptık.’ %11,1 oranında ise ‘Dersle ilgili etkinlikler yapıyoruz. Oyuncak araba üretebiliriz’ ifadeleri görülmektedir.

3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin kullanıldığı etkinlikler ile ders işleme sürecindeki matematik dersinde yapılan etkinliklere ilişkin öğrenci görüşlerine bakıldığında; görüşmeye katılan öğrencilerin tamamı, kesirler konusundaki etkinliklerin çok eğlenceli olduğunu hep bu şekilde etkinlikler yapılarak derslerin işlenmesini istediklerini ifade ettikleri görülmektedir. Yedi öğrenci ise 3B yazıcıları arkadaşlarıyla beraber kullandığını ve bundan hoşlandığını söylemiştir. Her seviyedeki ikişer öğrenci ise daha önce görmedikleri farklı ve oyun haline getirilebilir etkinlikler yaptıklarını dile getirmişlerdir. Ayrıca tüm seviyeden öğrencilerin bulunduğu beş öğrenci ise matematik dersinin daha fazla olması gerektiğini söylemişlerdir. Bu doğrultuda, 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin, öğrenciler tarafından oldukça eğlenceli bulunduğu, onların derse karşı motivasyonlarını artırdığı, grup çalışması yaparak sosyal ve işbirlikçi öğrenme becerilerini geliştirdiği söylenebilir. Bunun yanında DP1, DP2 ve OP3 kodlu düşük ve orta seviyedeki öğrencilerin öğretici etkinlik yaptık şeklinde bir görüş bildirmiş olmaları, farkındalık düzeylerinin artmış olduğunu ve 3B yazıcıların kullanıldığı etkinlikler yardımıyla konuyu öğrendiklerini göstermektedir.

Öğrencilerle yapılan yapılandırılmış görüşme sonunda öğrencilerin matematik dersinde yapılan etkinliklere ilişkin görüşlerinden bazıları aşağıda sunulmuştur:

DP1: O kadar eğlenceli etkinlikler yapıyoruz ki ben çok ama çok sevdim. Keşke ama hep böyle etkinlikler derslerimizde olsa. Arkadaşlarımla birlikte üç boyutlu yazıcılardan farklı şeyler ürettik. Öğretici ve oyunlu etkinlikler yaptık. Bu etkinlikler okulumuzda diğer derslerde de yapılırsa ben çok başarılı olurum.

YP2: Doğal sayılar, doğal sayılar konusunu işliyoruz. Doğal sayılarla işlem yapmak

zamanımı çok alıyor öğretmenim. Hem zorlanıyorum da. Ha bir de yeni öğrendiğimiz kesirler farklı geldi bana öğrenemedim, zor öğretmenim.

YP1: Önceden doğal sayıları öğrenmiştik zaten. Şimdi kesirleri. Aslında öğretmenim hayatımda işime yarayacak konuları öğreniyorum. Öğretmenim okulumuzdaki 3B yazıcıyı kullanarak bizim için önemli konuları işledik öğretmenim. Çok zevkliydi. Doğal sayılarda işlemler konusu işlemler bazen çok zamanımı alıyor zorlanıyorum.

YP2: Doğal sayılar, kesirler gibi çok önemli konular öğreniyoruz. Seneye işime yarayacak konuları üç boyutlu yazıcının olduğu sınıfa giderek öğrendim öğretmenim. Zorlandığım doğal sayılar bence uzun ve bazen sıkıcı.

Yapılandırılmış görüşme formunda öğrencilere, dördüncü soru olarak “Yaşamın boyunca hiç yazıcı gördün mü? Ne tür yazıcılar gördün?” soruları sorulmuştur. Öğrencilerin bu soruya ilişkin görüşlerine yönelik bulgular; tema, kodlar, frekans ve yüzde değerleri ile Tablo 21’de sunulmuştur.

Tablo 21. Öğrencilerin Yazıcılar Hakkındaki Görüşleri

Tema	Kodlar	Öğrenciler	f	%
Öğrencilerin yazıcıları tanıma durumu	Çok gördüm, mürekkepli ve lazer yazıcı	DP1, DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	9	%100
	Okulda 3B yazıcılar gördüm,	DP1, DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	9	%100
	Gördüm, evimizde de var.	DP1, DP2, OP2, YP2, YP3	5	%55,5
	Gördüm, okulda öğretmenimin var. Bize etkinlik kâğıtları çıkartıyor.	DP3, OP3, YP1	3	%33,3
	Gördüm babamın marangozundaki lazer yazıcısı	YP3	1	%11,1

DP: Düşük puanlı öğrenci; OP: Orta puanlı öğrenci; YP: Yüksek puanlı öğrenci

Tablo 4.13 incelendiğinde, öğrencilerin yazıcı görüp görmedikleri, gördüyse ne tür katılan yazıcı gördüklerine ilişkin cevapları: %100 oranında ‘Çok gördüm, mürekkepli ve lazer yazıcı.’ ve aynı oranda ‘Okulda 3B yazıcılar gördüm.’, %55,5 oranında ‘Gördüm, evimizde de var.’, %33,3 oranında ‘Gördüm, okulda öğretmenimin var. Bize etkinlik kâğıtları çıkartıyor.’ ve %11,1 oranında ise ‘Gördüm babamın marangozundaki lazer yazıcısı.’ şeklindedir.

Öğrencilerin 3B yazıcılar ile ilgili ön bilgilerini ve farkındalık düzeylerini ölçmeye ilişkin öğrenci görüşlerine bakıldığında; görüşmeye katılan öğrencilerin tamamı, mürekkep püskürtmeli ve lazer yazıcıyı gördüğü, 3B yazıcıyı ise okulda gördükleri tespit edilmiştir.

Bu doğrultuda, 3B yazıcıların kullanıldığı derslerde öğrencilerin hazırbulunuşluk seviyeleri istenilen düzeyde olduğu kabul edilmiştir. Öğrencilerin 3B yazıcıyı önceden görmüş olmaları derse karşı daha olumlu tutum sergilemelerine ve yazıcı kullanımını kolay öğrenmelerinde katkısı olduğu söylenebilir. Ayrıca öğrencilerin 3B yazıcılara ilişkin farkındalık düzeylerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu bağlamda öğrencilerin 3B yazıcıları etkin bir şekilde kullandığı sonucuna ulaşılabilir.

Öğrencilerle yapılan yapılandırılmış görüşme sonunda öğrencilerin yazıcılar hakkındaki görüşlerinden bazıları aşağıda sunulmuştur:

DP2: Bizim evimizde lazer yazıcı var ve annem ondan bana etkinlikler çıkarıyor. Kuzenimde de mürekkepli yazıcı var ondan fotoğraf çıkarıyoruz bazen. Okulumuza da 3B yazıcı geçen sene gelmişti ve öğretmenimiz bize onu göstermişti biliyorum.

OP2: Babam okul başlamadan önce kartuşlu yazıcı aldı bana. Lazer yazıcımızda vardı ama o bozuldu. Bilişim sınıfında 3B yazıcıyı gördüm bilgisayar öğretmeni yazıcı ile çıkan şeyleri bize göstermişti.

YP1: Babam öğretmen olduğu için bizim evde hem lazer hem de mürekkep püskürtmeli yazıcı var. 3B yazıcı okulumuzda var hatta öğretmenimiz bize yazıcıdan etkinlikler çıkarttı ve matematik dersinde kesirler konusunu işledik çok zevkli bir şekilde.

Yapılandırılmış görüşme formunda öğrencilere, beşinci soru olarak “Matematik dersinde kullanılan üç boyutlu yazıcıların matematik konularını öğrenimde sana bir katkısı oldu mu? Olduysa ne gibi bir katkısı oldu?” soruları sorulmuştur. Öğrencilerin bu soruya ilişkin görüşlerine yönelik bulgular; tema, kodlar, frekans ve yüzde değerleri ile Tablo 22’de sunulmuştur.

Tablo 22. Öğrencilerin Matematik Dersinde 3B Yazıcı Kullanımının Öğrenmelerine Katkısına Yönelik Görüşleri

Tema	Kodlar	Öğrenciler	f	%
3B yazıcı kullanımının matematik öğrenmeye katkısı	Kesirleri çok iyi öğrendim,	DP1, DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	9	%100
	Matematik çok zevkli oldu,	DP1, DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	9	%100
	Matematik kolaylaştı,	DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	8	%88,8
	Çok faydası oldu,	DP2, DP3, OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	8	%88,8
	Etkinlik yapmayı öğretti	DP1, DP3, OP1,OP3, YP1, YP2	6	%66,6
	Daha hızlı öğrendim,	DP1, DP3, OP1,OP3, YP1, YP3	6	%66,6
	Tüm konuları çok kolay öğrendim,	OP1,OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	6	%66,6

Tablo 22. (Devamı) Öğrencilerin Matematik Dersinde 3B Yazıcı Kullanımının Öğrenmelerine Katkısına Yönelik Görüşleri

Tema	Kodlar	Öğrenciler	f	%
3B yazıcı kullanımının matematik öğrenmeye katkısı	Yazılım çok iyi geçti,	DP3, OP2, YP1, YP2, YP3	5	%55,5
	Tartışmayı öğrendim,	YP2, YP3	2	%22,2
	Bilgilerim kalıcı oldu,	OP1, YP3	2	%22,2
	Arkadaşlarımla beraber çalışmayı öğrendim.	YP2	1	%11,1

DP: düşük puanlı öğrenci; OP: orta puanlı öğrenci; YP: yüksek puanlı öğrenci

Tablo 22'ye bakıldığında görüşmeye katılan öğrencilerin 'Matematik dersinde kullanılan üç boyutlu yazıcıların matematik konularını öğrenmede sana bir katkısı oldu mu? Olduysa ne gibi bir katkısı oldu?' sorusuna verdikleri cevaplar, '3B yazıcı kullanımının matematik öğrenmeye katkısı' teması altında toplanmıştır. Buna göre öğrenciler %100 oranında 'Kesirleri çok iyi öğrendim' ve yine aynı oranda 'Matematik çok zevkli oldu' cevabını verirken %88,8 oranında 'Matematik kolaylaştı', aynı oranda 'Çok faydası oldu' %66,6 oranında 'Etkinlik yapmayı öğretti' 'Daha hızlı öğrendim.' ve yine aynı oranda 'Tüm konuları çok kolay öğrendim.' şeklinde cevap vermişlerdir. Bunun yanında %55,5 oranında 'Yazılım çok iyi geçti.', %22,2 oranında 'Tartışmayı öğrendim.' aynı oranda 'Bilgilerim kalıcı oldu.' ve %11,1 oranında ise 'Arkadaşlarımla beraber çalışmayı öğrendim.' cevaplarını vermişlerdir.

3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler ile işlenen matematik dersinde 3B yazıcı kullanımının matematik dersine katkısına ilişkin öğrenci görüşlerine bakıldığında; görüşmeye katılan öğrencilerin tamamı, kesirler konusunu çok iyi öğrendiklerini ve artık matematiğin çok daha zevkli olduğunu ifade ettikleri görülmektedir. Sekiz öğrenci ise 3B yazıcıları kullanmanın çok matematiği öğrenmede çok faydası olduğunu ve matematiğin kolaylaştığını belirtmişlerdir. Her seviyedeki ikişer öğrenci ise etkinlik yapmayı öğrendiğini ve artık daha hızlı öğrendiğini dile getirmişlerdir. Ayrıca orta ve yüksek seviyeden öğrencilerin bulunduğu üçer öğrenci ise tüm konuları çok kolay öğrendiğini söylemişlerdir. Bu doğrultuda, 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin; öğrenciler tarafından oldukça iyi anlaşıldığı, onların derse karşı olumlu tutum geliştirmelerini ve öğrenmelerini kolaylaştırdığı söylenebilir. Bunun yanında DP3, OP2 kodlu düşük ve orta seviyedeki iki öğrencinin matematik yazılısından daha yüksek bir puan aldığını belirtmesi 3B yazıcıların

öğrencilerin matematik dersi akademik başarılarına olumlu bir katkı sağladığının bir göstergesidir.

Öğrencilerle yapılan yapılandırılmış görüşme sonunda öğrencilerin matematik dersinde 3B yazıcı kullanımının öğrenmelerine katkısına yönelik görüşlerinden bazıları aşağıda sunulmuştur:

DP3: Kesirler bana zor geliyordu ama 3B yazıcılar konuyu öğrenmemde çok faydası oldu, çok iyi öğrendim. Matematik dersini kolaylaştırdı bana göre. Yazıcıyla uğraşmak çok zevkliydi. Öğretmenimizin yaptığı Matematik yazılısı harika geçti.

OP2: Geçmişte kesirleri öğrenmek zordu ama öğretmenimizin 3B yazıcıdan çıkardıklarıyla zevkli ve kolay bir şekilde öğrendim. Kesirlerdeki tüm konuları çok iyi öğrendim hem de. Matematik yazılımda çok iyi geçti.

YP2: Kesirler çok önemli iyi öğrendim 3B yazıcıların faydası çok. Dersler zevkli geçti ve matematik kolaylaştı bana göre. Yazılım da süper. Arkadaşlarımla tartışmayı öğrendim ve beraberce etkinlikleri yapıp çalıştık.

Yapılandırılmış görüşme formunda öğrencilere, altıncı soru olarak “Matematik dersinde üç boyutlu yazıcıların kullanımı sırasında sorun yaşadın mı? Yaşadıysan ne tür sorunlar yaşadın?” soruları sorulmuştur. Öğrencilerin bu soruya ilişkin görüşlerine yönelik bulgular; tema, kodlar, frekans ve yüzde değerleri ile Tablo 23’te sunulmuştur.

Tablo 23. Öğrencilerin Matematik Dersinde 3B Yazıcı Kullanımı Sırasında Yaşanan Sorunlara Yönelik Görüşleri

Tema	Kodlar	Öğrenciler	f	%
3B yazıcı kullanım sırasında yaşanan sorunlar	Elektrikler gitti,	DP1, DP2, DP3, OP1, OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	9	%100
	Yazıcının ucu tıkanı ve yazdırmadı,	DP1, DP2, DP3, OP1, OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	9	%100
	Bilgisayarım kilitlendi,	OP2, OP3, YP1, YP2, YP3	5	%55,5
	Bilgisayarda yaptığım şey yazıcıdan istediğim gibi çıkmadı,	DP1, DP3, OP3, YP3	4	%44,4
	Yazdırdığım bloğu çıkarırken kırıldı,	DP1, DP3	2	%22,2
	Arkadaşımla tartıştık,	YP2	1	%11,1
	Öğretmenimiz yazıcıyı hemen tamir etti,	OP3	1	%11,1
	Yazdırmak çok uzun sürüyor,	YP3	1	%11,1

DP: düşük puanlı öğrenci; OP: orta puanlı öğrenci; YP: yüksek puanlı öğrenci

Tablo 23 incelendiğinde görüşmeye katılan öğrencilerin matematik dersinde 3B yazıcı kullanımını sırasında yaşanan sorunlara yönelik görüşleri; % 100 oranında ‘Elektrikler gitti’, aynı oranda ‘Yazıcının ucu tıkanı ve yazdırmadı’, %55,5 oranında ‘Bilgisayarım kilitlendi’, %44 oranında ‘Bilgisayarda yaptığım şey yazıcıdan istediğim gibi çıkmadı’, %22, oranında ‘Yazdırdığım bloğu çıkarırken kırıldı’, %11,1 oranında ise ‘Arkadaşım ile tartıştık.’ aynı oranda ‘Öğretmenimiz yazıcıyı hemen tamir etti’ ve ‘Yazdırmak çok uzun sürüyor.’ şeklindedir.

3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler ile işlenen matematik dersinde 3B yazıcı kullanımını sırasında yaşanan sorunlara ilişkin öğrenci görüşlerine bakıldığında; görüşmeye katılan öğrencilerin tamamının elektriklerin gittiğini ve 3B yazıcının ucunun tıkanığını ifade ettikleri görülmektedir. Bu doğrultuda, 3B yazıcıların kullanılacağı derslerde elektrik kesintisine ve 3B yazıcının tıkanmasına karşı gerekli önlemlerin alınması dersin verimliliği ile öğrenci motivasyonu açısından önem taşımaktadır. Beş öğrenci ise bilgisayarlarının kilitlendiğini, dört öğrenci ise bilgisayarda tasarladığı nesnenin yazıcıdan istediği şekilde çıkmadığını dile getirmiştir. Düşük puan grubundan iki öğrenci ise yazıcıdan çıkardığı nesnenin kırıldığını söylemiştir. 3B yazıcıdan çıktı alınması sürecinde karşılaşılabilecek bu gibi aksaklıklar zaman kaybı oluşturabileceği için öğretmen rehberliğinin önemli olduğu söylenebilir.

Öğrencilerin yapılandırılmış görüşme sonrası belirttikleri görüşlerden birkaçına aşağıda yer verilmiştir,

YP3: Bizim okulda bazen elektrikler gidiyor. Yazıcının ucu bundan dolayı tıkanmış olabilir. Bilgisayar da kilitlendi o da elektrikten olmuş olabilir. O yüzden yazdırmak çok uzun sürdü. Bu beni üzdü.

OP3: Bilgisayar bozuldu öğretmenimiz hemen tamir etti. Elektrikler gidince yazıcı tıkanı. O yüzden istediğim şey çıkmadı.

DPI: Bir kaç sorun oldu evet. Elektrik gitti, yazıcı plastiği ucu tıkanmış. Yazıcıdan çıkan blok kırıldı, istediğim gibi çıkmadı.

Yapılandırılmış görüşme formunda öğrencilere, yedinci soru olarak “Matematik dersinde özellikle hangi konularda üç boyutlu yazıcılardan yararlanılmasını istersin? Neden?” soruları sorulmuştur. Öğrencilerin bu soruya ilişkin görüşlerine yönelik bulgular; tema, kodlar, frekans ve yüzde değerleri ile Tablo 24’te sunulmuştur.

Tablo 24. Öğrencilerin Matematik Dersinde Hangi Konularda 3B Yazıcı Kullanılabileceğine Yönelik Görüşleri

Tema	Kodlar	Öğrenciler	f	%
3B yazıcı kullanılabilecek konular	Tüm konularda, çünkü çok faydalı, eğlenceli	OP3, YP1, YP2	3	%33,3
	Doğal sayılarda zorlanıyorum, yazıcılarla kolay öğreniyorum	DP2, OP1, YP3	3	%33,3
	Tartma konusu olabilir, kesir tartma etkinliğini beğendim	DP3	1	%11,1
	Kesirlerde, çünkü çok zevkliydi, eğlendim, kolaydı	OP2	1	%11,1
	Bilmiyorum	DP1	1	%11,1

DP: Düşük puanlı öğrenci; OP: Orta puanlı öğrenci; YP: Yüksek puanlı öğrenci

Tabloda görüldüğü üzere görüşmeye katılan öğrencilerin ‘Matematik dersinde özellikle hangi konularda üç boyutlu yazıcılardan yararlanılmasını istersin? Neden?’ sorusuna yönelik görüşleri; % 33,3 oranında ‘Tüm konularda, çünkü çok faydalı, eğlenceli’, 33,3 oranında ‘Doğal sayılarda zorlanıyorum, yazıcılarla kolay öğreniyorum.’, %11,1 oranında ‘Tartma konusu olabilir, kesir tartma etkinliğini beğendim.’ aynı oranda ‘Kesirlerde, çünkü çok zevkliydi, eğlendim, kolaydı.’ ve yine aynı oranda ‘Bilmiyorum.’ şeklindedir.

3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler ile işlenen matematik dersinde hangi konularda 3B yazıcılardan faydalanılabileceğine yönelik öğrenci görüşlerine bakıldığında; üç öğrencinin tüm konularda kullanılabileceğini farklı puan türlerinden üç öğrenci ise doğal sayılarda kullanılabileceğini çünkü zorlandığını dile getirmiştir. Bu doğrultuda öğrencilerin büyük çoğunluğunun 3B yazıcılar aracılığıyla matematik konularını işlemek istedikleri, bunu eğlenceli ve faydalı buldukları sonucuna varılabilir. Ayrıca öğrenciler zorlandıkları konuları 3B yazıcılarla daha iyi öğrendiklerini belirtmeleri de öğrenme sürecinde 3B yazıcıların etkililiğini kanıtlar niteliktedir.

Öğrencilerin belirttikleri görüşlerden birkaçına aşağıda yer verilmiştir,

OPI: “ Ben doğal sayılarda zorlanıyorum, bence doğal sayılar konusunda 3B yazıcılar kullanılsın ben yazıcılarla kolay öğreniyorum. Öğretmenimizin oyunları da çok harika

onlarla kolay öğrendim.”

DP3: Tartma konusunda olabilir. Çünkü ben kesir tartma etkinliğini beğendim.

YP1: 3B yazıcılar tüm konularda kullanılabilir çünkü çok faydalı ve eğlenceli.

Yapılandırılmış görüşme formunda öğrencilere, sekizinci soru olarak “Başka hangi derslerde üç boyutlu yazıcıların kullanılmasını istersin? Neden?” soruları sorulmuştur. Öğrencilerin bu soruya ilişkin görüşlerine yönelik bulgular; tema, kodlar, frekans ve yüzde değerleri ile Tablo 25’te sunulmuştur.

Tablo 25. Öğrencilerin Hangi Derslerde 3B Yazıcı Kullanılabileceğine Yönelik Görüşleri

Tema	Kodlar	Öğrenciler	f	%
3B yazıcı kullanılabilecek dersler	Matematik dersinde, çünkü zor bir ders	DP1, DP2, OP1, YP1	4	%44,4
	Matematikte, kendi ürettiklerimiz çok faydalı oldu	DP1, DP2, OP1, YP1	4	%44,4
	Matematikte, çünkü yazıcılarla çok kolay öğrendim,	DP1, DP2, OP1, YP1	4	%44,4
	Fen Bilimleri dersinde, çünkü bir sürü şey yazıcıdan çıkarabiliriz	DP3, OP2, YP3	3	%33,3
	Sosyal bilgiler dersinde, çünkü teknolojiyi kullanmalıyız	OP3	1	%11,1
	Resim dersinde, çünkü resimleri yazıcıdan yazdırıp görebiliriz	YP2	1	%11,1

DP: düşük puanlı öğrenci; OP: orta puanlı öğrenci; YP: yüksek puanlı öğrenci

Tabloda 25 incelendiğinde görüşmeye katılan öğrencilerin hangi derslerde 3B yazıcı kullanılabileceğine yönelik görüşleri, ‘3B yazıcı kullanılabilecek dersler’ teması altında toplanmıştır. Öğrenciler % 44,4 oranında ‘Matematik dersinde, çünkü zor bir ders’ aynı oranda ‘Matematikte, kendi ürettiklerimiz çok faydalı oldu’ ve yine aynı oranda ‘Matematikte, çünkü yazıcılarla çok kolay öğrendim.’ İfadelerini kullanmıştır. Tablo incelendiğinde %33,3 oranında ‘Fen Bilimleri dersinde, çünkü bir sürü şey yazıcıdan çıkarabiliriz’, %11,1 oranında ‘Sosyal bilgiler dersinde, çünkü teknolojiyi kullanmalıyız.’

%11,1 oranında ise ‘Resim dersinde, çünkü resimleri yazıcıdan yazdırıp görebiliriz.’ şeklinde ifadeler görülmektedir.

3B yazıcılardan hangi derslerde faydalanılabileceğine yönelik öğrenci görüşlerine bakıldığında; her puan türünden en az bir öğrenci, matematik dersinde kullanılabileceğini çünkü zorlandıklarını, kendi ürettiklerinin çok faydalı olduğunu ve yazıcılar aracılığıyla kolay öğrendiklerini dile getirmiştir. Ayrıca şekilde her puan türünden birer öğrenci ise Fen Bilimleri dersinde kullanılabileceğini ifade etmiştir. Bu doğrultuda öğrencilerin büyük çoğunluğunun 3B yazıcılar aracılığıyla zor kabul ettikleri matematik konularını işlemek istedikleri, bunu eğlenceli ve faydalı buldukları sonucuna varılabilir. Bunun yanında öğrencilerin kendi ürettikleri materyalleri derslerde kullanmaları derse karşı olumlu tutum sergilemelerine katkısı olduğu söylenebilir.

Öğrencilerin belirttikleri görüşlerden birkaçına aşağıda yer verilmiştir,

OP1: Matematik dersinde, çünkü zor bir ders.

DP3: Fen Bilimleri dersinde, çünkü bir sürü şey yazıcıdan çıkarabiliriz.

YP2: Sosyal bilgiler dersinde, çünkü teknolojiyi kullanmalıyız.

SONUÇLAR TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde bulgular ışığında edinilen sonuçlar, tartışma ve öneriler sunulmuştur. Araştırmada 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler ile işlenen matematik dersinin ilkokul 4. sınıf düzeyindeki öğrencilerin matematik dersi akademik başarıları üzerindeki etkileri ve deney grubundaki öğrencilerin işlenen matematik dersine ilişkin görüşleri incelenmiştir.

Araştırmada elde edilen sonuçlardan ilkinde; 4. Sınıf matematik dersinde normal öğretim programı çerçevesinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu ve normal öğretim programının uygulandığı kontrol grubunun KÜABT öntest puanlarına göre düzeltilmiş KÜABT sontest puanları arasında manidar bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin öğrencilerin matematik dersindeki akademik başarılarına etkisinin büyük olduğu görülmektedir. Bu sonuç doğrultusunda kesirler ünitesinin öğretiminin 3B yazıcılar kullanılarak öğretim yapılan deney grubunda mevcut öğretim programı ile öğretim yapılan kontrol grubuna göre daha etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca 4. Sınıf matematik dersinde normal öğretim programı çerçevesinde 3B yazıcılarla desteklenen 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu sontest puanlarının, 5E öğrenme halkası modeline uygun normal öğretim programının uygulandığı kontrol grubu sontest puanlarından oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buradan yola çıkılarak deney grubunda bulunan öğrencilerin akademik başarı puanları değişimi, kontrol grubunda bulunan öğrencilerin akademik başarı puanları değişiminden oldukça yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkılarak 3B yazıcılar kullanılarak hazırlanan etkinliklerin uygulandığı kesirler ünitesinin öğretiminin deney grubunda oldukça yüksek bir akademik başarı yakalaması ve etki büyüklüğü sebebiyle mevcut öğretimden çok daha etkili olduğu söylenebilir. Araştırmanın sonuçlarına paralellik gösteren ve Stansell (2016) tarafından yapılan çalışma ise 3 Boyutlu yazıcı kullanan öğrencilerin matematik başarısının daha yüksek ve matematik algısının daha olumlu olduğunu göstermiştir. Çekirge'nin (2019) yapmış olduğu araştırmanın sonucunda 3B yazıcılar aracılığıyla fiziksel materyallerin gösterildiği deney grubu öğrencilerinde akademik başarının daha yüksek olduğu tespit edilmesi de yine araştırmayla paralellik

göstermektedir. Aynı şekilde, alanyazında yapılmış benzer araştırmalardan (Avinal, (2019), apar (2006), Chery vd., (2015), Yüksel (2015), Kwon (2017), Drakoulaki (2017), opur (2019), Gürel Taşkıran (2019)) elde edilen sonuçların bu araştırmadan elde edilen sonuçları desteklediği ve paralellik gösterdiği anlaşılmıştır. Alanyazındaki bu araştırmalarda; 3B yazıcıların kullanıldığı deney grubunda bulunan öğrencilerin akademik başarılarının, kontrol grubundaki öğrencilerin akademik başarılarına göre deney grubu öğrencileri lehine belirgin düzeyde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Chien (2017) tarafından yapılan araştırmada 3B baskı ve elle tasarım yapan öğrenciler arasındaki öğrenme performansında anlamlı bir fark bulunamaması sonucu araştırmanın sonucu ile bağdaşmamaktadır. Bunun yanında Wu vd., (2018) ve Yi vd.,'nin (2019) yaptığı çalışmanın 3B yazıcı kullanımının anatomi eğitiminde etkili olmadığı sonucu da araştırmanın sonucuyla bağdaşmamaktadır.

Araştırmada görüşme formu temelinde elde edilen nitel bulgulara ilişkin elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir:

3B yazıcılar yardımıyla oluşturulan 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinliklerin uygulandığı deney grubu öğrencilerinin sürece yönelik görüşlerinin genel olarak olumlu olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda öğrenciler, günlük hayatta işine yarayacak konuları öğrendiğini ve 3B yazıcılarla konuları işlediğini belirtmişlerdir. Bu sonuca göre, öğrencilerin 3B yazıcıya ilişkin bir farkındalık geliştirdikleri söylenebilir. Görüşme formundan elde edilen verilere yönelik bulgulardan faydalanılarak öğrencilerin çoğunluğunun zorlandığı konunun doğal sayılarda işlemler olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin kesirler konusunu değil de doğal sayılar konusunu zor olarak ifade etmelerinin sebebi, uygulamanın yapıldığı kesirler ünitesinin öğretiminin olumlu bir şekilde sonuçlanması olarak gösterilebilir. Bu alt kategoride elde edilen sonuçlar, uygulamanın verimli geçip geçmediği açısından önem taşımaktadır.

Görüşmeye katılan öğrencilerin matematik dersinin nasıl işlenmesi gerektiği ile ilgili görüşleri kesirlerde yaptığımız etkinlik gibi şeyler kullanılmalı, bilgisayar ve 3B yazıcılar kullanılması matematiği eğlenceli hale getiriyor şeklindedir. Avinal'in (2019) yaptığı araştırma bu sonucu destekler niteliktedir. Ayrıca öğrencilerin, dersin işlenişi ile ilgili matematik dersi arkadaşlarımla grup çalışması yaparak işlenmeli, beni sıkmadan

işlense iyi olur, aynen bu derste olduğu gibi öğretmenimizin bize yardım ederek işlemlerini istiyorum şeklindeki ifadelerinden yola çıkarak 3B yazıcılar yardımıyla işlenen matematik öğretimiyle hedeflenen amaca ulaşıldığı ve etkili bir öğretim yapıldığı sonucuna varılabilir. Chen vd.,'nin (2017) yaptığı ve işbirliğine dayalı öğretim süreci ve öğretime yardımcı olmak için 3B yazıcılar kullanıldığı araştırma bu sonucu destekler niteliktedir.

3B yazıcılarla desteklenmiş 5E öğrenme halkası modeline uygun hazırlanan ve uygulanan etkinlikler ile ilgili öğrenci görüşlerine bakıldığı zaman öğrenciler derste çok eğlenceli ve kesirlerle ilgili üç boyutlu yazıcılar ve bilgisayarlar yardımıyla etkinlikler yaptıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca çok zevkli ve farklı, öğretici etkinlikler yaptık ve bilgisayar sınıfında 3B yazıcı kullanarak bir sürü etkinlik yaptık şeklinde ifadeler kullanmışlardır. Bu ifadelerle bakıldığında öğrencilerin yapılan etkinliklerden hoşlandığı, öğretici bulduğu ve bakış açılarını değiştirdiği söylenebilir. Tillman vd., (2014) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları bu sonuçla paralellik göstermektedir. Öğrenci cevaplarından yola çıkılarak ulaşılabilecek bir diğer sonuç öğrencilerin arkadaşlarıyla birlikte etkinlik yapmaktan, tasarımlar yapıp ortaklaşa karar aldıktan sonra üç boyutlu yazıcılardan nesnelere üretmekten hoşlanması etkinlikler açısından grup çalışmasını severek yapmalarına teşvik ettiğinin bir göstergesi olduğu söylenebilir.

Öğrencilerin matematik dersinde 3B yazıcı kullanımının öğrenmelerine katkısına yönelik görüşlerinde öğrenciler kesirleri çok iyi öğrendiğini, matematiğin çok zevkli olduğunu ve kolay bir hale geldiğini, 3B yazıcı kullanımının çok faydası olduğunu belirtmişlerdir. 3B yazıcılar sayesinde etkinlik yapmayı öğrendiklerini, tüm konuları çok kolay ve daha hızlı öğrendiklerini belirtmişlerdir. Bu bulgular doğrultusunda matematik dersinde üç boyutlu yazıcı kullanımının öğrenciler açısından anlamlı ve öğretici olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca öğrenciler grup çalışmasını öğrendiğini ve bu yolla birbirlerinin öğrenmelerinden faydalandıklarını ifade etmişlerdir. Birinin anlamadığı bir yer olduğunda diğer arkadaşlarının anlatmasının etkili olduğu yorumunu yapmışlardır. Novak ve Wisdom'un (2018) yaptıkları çalışmanın sonuçları bu sonucu destekler niteliktedir.

3B yazıcıların kullanımı sırasında yaşanan sorunlar ilgili öğrencilerin teknik aksaklıkların olduğu ve bunun da kendilerini üzdüğü ifadelerinden yola çıkılarak, 3B

yazıcılar eğitim öğretim ortamında kullanılırken karşılaşılan problemlerin öğrencilerin motivasyonunu düşürdüğü sonucuna varılabilir. Bu kapsamda sürdürülebilirlik bakımından alt yapının denetlenip eksikliklerin giderilmesi gerekmektedir. Özsoy ve Duman'ın (2017) yaptıkları çalışmada 3B yazıcı teknolojilerinin eğitim alanında kullanılabilmesi için okullardaki alt yapının uygun olması, yazılım ve donanım erişiminde herhangi bir aksaklığın olmaması gerektiğini vurgulamaları bu sonucu destekler niteliktedir.

Yapılandırılmış görüşme formlarının analizinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, öğrencilerin, üç boyutlu yazıcı teknolojiyle tasarlanan etkinlikler ile işlenen derslerden çok memnun kaldıkları ve beklentilerinin olumlu yönde arttığı, öğrencilerin kendilerinin aktif olup ürettiği nesnelere oldukça sahiplendikleri ve bu nesnelere yardımıyla yapılan etkinliklere dikkate değer bir şekilde katıldıkları gözlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin ders boyunca sıkılmadığı, dikkatlerinin pek fazla dağılmadığı, üç boyutlu yazıcılar ile üretilen materyaller yardımıyla konuları öğrenmede zorluk yaşamadıkları tespit edilmiştir. Üç boyutlu yazıcıların öğrencileri olumlu yönde etkilediği, merak ve motivasyonlarını geliştirdiği, derse karşı güdülenmeyi artırdığı ve aktif katılım sağlama konusunda yardımcı olduğu yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçları destekler nitelikte alanyazında mevcut çalışmalar da bulunmaktadır (Agarwal vd., 2014; Chen vd., 2017; Drakoulaki, 2017; Çelik, 2018). Drakoulaki (2017) tarafından yapılan çalışmada öğrencilerin, 3B baskı sürecinde çeşitli bilgi uygulamalarına etkin bir şekilde katıldığı görülmektedir. Ayrıca bir araç ve bir süreç olarak 3B baskının, hem öğrenciler hem de öğretmenler için 3B baskıyı öğrenme amaçları doğrultusunda yararlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Öğrenciler günlük yazma sürecinde kendilerini çok iyi ifade etmişler, verilen form çerçevesinde düşüncelerini serbest ve özgün şekillerde açıklamışlardır. Bu doğrultuda öğrencilerin matematik dersine karşı olan ilgi, yetenek ve tutumları günlük formlar aracılığıyla ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda üç boyutlu yazıcılar yardımıyla üretilen etkinlikler uygulandığı sırada öğrencilerin başarı, ilgi ve katılımının geleneksel yöntemlere göre daha yüksek olduğu, öğrencilerin matematik dersine karşı güdülenmelerinin ve derse katılım düzeylerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanında öğrenciler günlüklerinde grup çalışmasını çok sevdiğini böylelikle kaygılarının azaldığını dile getirmişlerdir. Hoopes (2018) tarafından yapılmış olan araştırmada

öğrencilerin grup çalışmasından zevk aldıkları ve problemleri akranlarıyla konuşabildikleri ve bu manipülatiflerin matematik kaygılarını azalttığı, kendilerine olan özgüvenlerinin artmasında da etkili olduğu sonucu araştırmanın bulgularıyla paralellik göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında; öğrencilerin eğlenerek öğrendikleri, derse karşı güdülenmelerinin arttığı, üç boyutlu yazıcılar yardımıyla üretilen etkinlikler uygulandığı sırada öğrencilerin başarı, ilgi ve katılımının geleneksel yönetime göre daha yüksek olduğu, öğrencilerin matematik dersine karşı güdülenmelerinin ve derse katılım düzeylerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonucun elde edilmesinde uygulama sürecinde 3B yazıcıların ve bilgisayarların etkin bir şekilde kullanımının, yazıcılar yardımıyla üretilen materyallerin ve bu materyaller ile hazırlanan etkinliklerin öğrencilerin hoşuna gitmesinin önemli bir role sahip olduğu düşünülmektedir. Ayrıca öğrencilerin ders sürecinde aktif olmalarının ve ders planlarının öğrencileri derse güdüleyecek şekilde hazırlanmış olmasının da etkisinin olduğu söylenebilir.

Öğrencilerin hazır materyaller kullanarak değil de kendi ürettikleri materyalleri kullanmasının akademik başarıyı artırdığı düşünülmektedir. Telli (2009) tarafından yapılan çalışma bu düşünceyi destekler niteliktedir. 3B yazıcıların yaparak yaşayarak öğrenmeyi desteklediği, konunun kalıcı bir şekilde öğrenilmesini sağladığı, öğrencilerin matematiğe karşı olumlu tutum sergilemelerine yardımcı olduğu savunulabilir. Yılmaz ve Algil (2018), çalışmalarında bu düşünceyi destekleyici bulgular elde etmişlerdir. Çalışmalarında, materyallerin bireysel olarak tasarlanıp üretilebiliyor olmasının eğitimcilere büyük kolaylıklar sağladığı, geleneksel öğretim metotlarından çıkılıp, öğrencilerin ve öğretiminin hayal gücünü destekleyip, gelişmesine yardımcı olduğu belirtilmektedir.

3B yazıcılardan üretilen materyallerin öğrenme sürecinde öğrencilerin konuyu somutlaştırarak öğrenmelerine katkı sağladığından dolayı akademik başarıyı yükselttiği düşünülmektedir. Bu düşünceyle paralel olarak Micallef (2015), 3B yazıcılardan çıkan materyallerin soyut kavramları elle tutulabilir fiziksel nesnelere haline getirilmesinin eğitim ortamını daha etkili bir hale getirdiğini belirtmiştir. Peels (2017) ise derslerde öğrencinin ilgisini çekmek amacıyla soyut kavramları somutlaştırmada etkili olan 3 boyutlu yazdırmanın kullanıldığını ifade etmiştir.

3B yazıcılar; öğrenim çağındaki, meraklı ve bir o kadar da hayal gücü sınırsız bireyler için fikirlerini sonuca dönüştürmeye yarayan etkili bir araçtır. Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte maliyetleri düşen 3B yazıcılar, yavaş yavaş okullara girmeye başlamıştır. Okullara girdikten sonra öğrencilerin fiziksel, zihinsel, mesleki ve sosyal gelişimlerine katkı sağlamaktadır. Ayrıca bireyin hayal dünyasını sınırlamadan kendisi ne istiyorsa onu tasarlayıp üretmesine imkân sağlamaktadır. 3B yazıcılar sayesinde öğrenciler, bilgisayar ortamında çeşitli yazılımlar yardımıyla tasarladıkları soyut objelerin çıktısını alarak somut hale kolayca dönüştürebilmektedirler. Böylece tasarımlarını gerçek dünyada da karşılığını görmeleri ve dokunabilmeleri öğrenciler için benzersiz bir deneyim sağlamaktadır. 3B yazıcıların sınıflarda kullanılması öğrenciler için gözünde canlandırılması zor olan objelerin daha kolay anlaşılmasını da sağlayıp farklı duyu organlarına da hitap ederek öğretim programında yer alan konuların daha akılda kalıcı bir şekilde öğrenilmesine zemin hazırlar.

8. ÖNERİLER

Matematik dersinde 3B yazıcılarla desteklenmiş 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler kullanılarak yapılan ve öğrencilerin akademik başarıları ve 3B yazıcılar ile ilgili görüşlerinin araştırıldığı bu çalışmanın sonucunda ulaşılan bulgular ışığında:

Gelecek araştırmalara yönelik öneriler:

- Araştırmanın nicel bulgularında 3B yazıcıların kullanıldığı 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler ile işlenen matematik dersinde ilkökul öğrencilerinin akademik başarılarını olumlu etkilediği sonucu dikkate alındığında ortaokul düzeyinde yapılacak çalışmalarda nicel veri toplama yanında gözlem, görüşme gibi nitel veri toplama yöntemlerinin de kullanılacağı kapsamlı araştırmalar yapılabilir.

- Buna benzer çalışmalar farklı derslerde, daha büyük ve daha küçük yaş gruplarında da uygulanabilir.

Eğitimcilere yönelik öneriler:

- 3B yazıcıların kullanıldığı 5E öğrenme halkası modeline uygun etkinlikler ile ders işlemenin öğrencilerin matematik başarısına pozitif yönde etki ederek başarıyı artırdığı sonucuna bağlı olarak 3B yazıcıların matematik derslerinde kullanımını yaygınlaştırılabilir.

- Araştırmanın nitel verilerinden elde edilen sonuçlarından, üç boyutlu yazıcıları kullanmanın yaparak yaşayarak öğrenmeyi sağlayıp kalıcı öğrenmeye katkısı olduğu, öğrencileri tartışma sürecine katarak aktif rol üstlenmesini sağladığı sonucu kapsamında, yazıcıdan çıktısı alınması planlanan nesnenin tasarımının yapılması da öğrenci yaratıcılığını geliştirdiği için derslerde öğrencilerin 3B yazıcılarla serbestçe çalışılmasına müsaade edilebilir.

- Ayrıca öğrenci görüşlerinden elde edilen, yazıcıların kullanımı ile ilgili zorluklar dikkate alındığında 3B yazıcılar ile derse başlamadan önce öğrencilere bu yazıcıların kullanımı ve yaşanabilecek olumsuzluklara karşı alınması gereken önlemler hakkında bilgi ve gerekli eğitim verilebilir. Bunun yanında aynı şekilde öğretmenlere de gerekli eğitimler verilebilir.

KAYNAKÇA

- Adıgüzel, Ö. (2015). *Eğitimde Yaratıcı Drama*. Ankara: Pegem Akademi.
- Aimar, A., Palermo, A., & Innocenti, B. (2019). The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art. *Journal of Healthcare Engineering*.
- Agarwal, P., Zhao, S., Bielecki, P., Rao, W., Choi, J. K., Zhao, Y. & He, X. (2013). One-step microfluidic generation of pre-hatching embryo-like core-shell microcapsules for miniaturized 3D culture of pluripotent stem cells. *Lab on a Chip*, 13(23), 4525-4533.
- Akbaba, C. (2017). *Okullarda Maker ve STEAM Eğitim Hareketlerinin İncelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). *STEM Eğitimi Türkiye Raporu*. İstanbul: Scala Basım.
- Akın, A., & Kurbanoglu, İ. N. (2011). The Relationships Between Math Anxiety, Math Attitudes, and Self-Efficacy: A Structural Equation Model. *Studia Psychologica*, 53(3), 263-273.
- Aksu, M. (1985). Ortaöğretim Kurumlarında Matematik Öğretiminin Sorunları. *Matematik Öğretimi ve Sorunları*. içinde Ankara: Yorum Basın-Yayın, https://www.ted.org.tr/wp-content/uploads/2019/04/ted_matematik_ogretimi_ve_sorunlari_ocr.pdf, (Erişim Tarihi: 12.02.2020)
- Aksu, M., (1997). Student performance in dealing with fractions. *The Journal of Educational Research*, 90(6), 375-380.
- Altıparmak, K. ve Özüdoğru, M. (2015). Hata ve kavram yanılgısı: Kesir ve parçabütün ilişkisi. *International Journal of Human Sciences*, 12(2), 1465-1483.
- Altıparmak, K., & Palabıyık, E. (2019). 1-8. Sınıf Kesirler, Kesirlerle işlemler ve Ondalık Gösterim Alt Öğrenme Alanlarına Ait Kazanımların Revize Edilmiş Bloom Taksonomisi'ne Göre Analizi. *İlköğretim Online*, 18(1).
- Ankay, E. (2019). *5e öğretim modeline dayalı eğitim bilişim ağı (EBA) kullanımının 5. sınıf öğrencilerinin kesirlerle toplama ve çıkarma işlemleri konusundaki başarısına, tutumuna ve bilgilerinin kalıcılığına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Arslan, N., Yaylacı, B., Eyüpoğlu, N. D., & Kürtüncü, M. (2018). Sağlıkta Gelişen Teknoloji: Üç Boyutlu Yazıcılar. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(2), 99-110.
- Atalay, Ö. (2017). *İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin kesirler konusunda bilgisayar animasyonları yardımıyla problem kurma becerilerinin incelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Atasoy, B., Yüksel, A. O., & Özdemir, S. (2019). 3B Tasarım Uygulamalarının Uzamsal Beceriye Etkisi: Hackidhon Örneği. *Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(1), 341-371.
- Atılğan, H. (2019). Test Geliştirme. H. Atılğan içinde, *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme* (s. 281-314). Ankara: Anı Yayıncılık.
<https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=18481>, (Erişim Tarihi: 19.06.2020)
- Avcı, U. (2013). Öğretim Ortamları ve Materyal Tasarımı. M. Sarıtaş içinde, *Öğretim Teknolojileri ve Materyal Tasarımı* (3.baskı). Ankara: Pegem Akademi, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=19351>, (Erişim Tarihi: 11.05.2020).

- Avinal, M. (2019). *Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisiyle Tasarlanan Etkinliklerin Vücutumuzdaki Sistemler Ünitesinin Öğretimine Etkisinin İncelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Aydın Çolak, E. (2019). *5E Öğrenme Modelinin Öğrenci Başarısına ve Kalıcılığa Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Aydın, L., & Küçük, S. (2017). Üç Boyutlu Yazıcı ve Tarayıcı ile Hastaya Özel Medikal Ortez Tasarımı ve Geliştirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 20(1), 1-8.
- Aydın, N., Arslantaş, D., Şahin, M. C., Işıksalan Özbülbul, N., Özcan, M. S., Fettahlı, C., Bolluk, M. (2020). 5.Sınıf Öğrencilerine Anlatılan Toraks Anatomisi Dersi Kapsamında 3D Printer ile Basımı Yapılmış Mediasten Modelinin Lenf Nodu İstasyonlarını ve Zonlarını Öğrenmedeki Etkisi. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 42(4), 428-433.
- Aytaş, G., & Kaplan, K. (2017). Medya Okuryazarlığı Bağlamında Yeni Okuryazarlıklar. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 18(2), 291-310.
- Ayyıldız, N., & Altun, S. (2013). Matematik Dersine İlişkin Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde Öğrenme Günlüklerinin Etkisinin İncelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education)*, 28(2), 71-86.
- Baykul, Y. (2015). *Eğitim ve Psikolojide Ölçme: Klasik Test Teorisi ve Uygulaması* (3. b.). Ankara: Pegem Akademi, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=40782>, (Erişim Tarihi: 12.06.2020)
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business horizons*, 55(2), 155-162.
- Biber, A. Ç., Tuna, A., & Aktaş, O. (2013). Öğrencilerin kesirler konusundaki kavram yanılgıları ve bu yanılgıların kesir problemleri çözümlerine etkisi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(2), 152-162
- Bingölbali, E. ve Özmantar, M. F. (2009). İlköğretimde karşılaşılan matematiksel zorluklar ve çözüm önerileri. Pegem-A yayıncılık.
- Boyraz, B., & Dolunay, A. (2014). Heykel Sanatında Ön Modelleme Aşaması Ve Üç Boyutlu Yazıcı Uygulamaları. *Ulakbilge*, 2(3), 69-80.
- Boz Yaman, B. (2020). Matematik Eğitiminde Yapılandırmacı Yaklaşım. M. Ünlü içinde, *Matematik Öğretiminde Yeni Yaklaşımlar* (s. 123). Ankara: Pegem Akademi, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=77077>, (Erişim Tarihi: 12.06.2021).
- Brown, A. (2015). 3D Printing in Instructional Settings: Identifying a Curricular Hierarchy of Activities. *TechTrends*, 59(5), 16-24.
- Brown, A. C., & De Beer, D. (2013). Development of a stereolithography (STL) slicing and G-code generation algorithm for an entry level 3-D printer. In *2013 Africon* (pp. 1-5). IEEE.
- Budinski, N., Lavicza, Z., Vukić, N., Teofilović, V., Kojić, D., Erceg, T., & Budinski-Simendić, J. (2019). Interconnection Of Materials Science, 3D Printing And Mathematic In Interdisciplinary Education. *STED Journal*, 2(1), 21-30.
- Buehler, E., Easley, W., McDonald, S., Comrie, N., & Hurst, A. (2015). Inclusion and education: 3D printing for integrated classrooms. *Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility*, 281-290.
- Bulut, C. ve Arbak, H. (2012). İnovasyon, Direnç ve İletişim: Kavramsal Bir Tartışma. S. Karaata (Ed.). *Yenilik, Yenileşim, İnovasyon Dünyasına Bir Yolculuk* içinde (s.5-19). EGIAD Yayınları: İzmir.
- Burkaz, S. (2012). *Fen Ve Teknoloji Öğretiminde Üç Boyutlu Modellerin Yapılandırmacı*

- Öğrenme Ortamında Kullanımı*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Bümen, N. T. (2006). Program Geliştirmede Bir Dönüm Noktası: Yenilenmiş Bloom Taksonomisi. *Eğitim ve Bilim*, 32(142), 3-14.
- Büyüköztürk, Ş. (2011). *Deneyisel Desenler: Öntest-Sontest Kontrol Grubu, Desen ve Veri Analizi*. Ankara: Pegem Akademi.
- Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. *Colorado Springs, CO: BSCS*.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Boston: Houghton Mifflin Company, <http://jwilson.coe.uga.edu/EMAT7050/articles/CampbellStanley.pdf>, (Erişim Tarihi: 27.05.2020)
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., & Garrett, B. (2011). Could 3D Printing Change The World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing. *Atlantic Council*, http://www.atlanticcouncil.org/images/files/publication_pdfs/403/101711_ACUS_3DPrinting.PDF, (Erişim Tarihi: 28.04.2019)
- Charalambous C. Y. & Pantazi, D. P. (2005). Revisiting a theoretical Model on Fractions: Implications for teaching and Research. In Chick, H.L. & Vincent, J. L. (Eds.), *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 2, 233 – 240.
- Chen, H. Y., Chang, C. K., & Lou, S. J. (2017). A Study of High School Mathematics Teaching Method: Maker-Education Combined with Mathematical Experiments. *US-China Education Review*, 7(7,), 336-347.
- Chery, D., Mburu, S., Ward, J., & Fontecchio, A. (2015, October). Integration of the Arts and Technology in GK-12 Science Courses. In 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE),1-4. IEEE.
- Chien, Y.-H. (2017). Developing A Pre-Engineering Curriculum for 3D Printing Skills for High School Technology Education. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 2941-2958.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York: LEA, Lawrence Erlbaum Associates, <http://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>, (Erişim Tarihi: 04.04.2020)
- Creswell, J. W., Plano Clark, V. L., Gutmann, M. L., & Hanson, W. E. (2003). An expanded typology for classifying mixed methods research into designs. A. *Tashakkori y C. Teddlie, Handbook of mixed methods in social and behavioral research*, 209-240.
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed.). Sage Publications, Inc.
- Creswell, J. W. (2017). *Karma Yöntem Araştırmalarına Giriş*. (M. Sözbilir, Çev.) Ankara: Pegem Akademi, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=6962>, (Erişim Tarihi: 22.06.2019)
- Crocker, L., & Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory*. Holt, Rinehart and Winston, 6277 Sea Harbor Drive, Orlando, FL 32887.
- Çapar, M. (2006). *Temel Eğitimde 9-12 Yaş Arası Çocuklarda Üç Boyutlu Çalışmaların Yaratıcılık Eğitimine Etkisi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Çekirge, E. (2019). 3B Yazıcı Kullanımının Akademik Başarı, Tutum, Motivasyon ve Eleştirel Düşünme Eğilimlerine Etkisi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Çelik, A. (2018). *Bilişimle Girişimcilik: 5. Sınıf Öğrencilerinin Tasarım Odaklı Doğaçyapma Etkinliğinde Bilişimle Üretim Yapmalarına İlişkin Bir Durum Çalışması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M. C., & Duysak, A. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* (31), 53-70.
- Çerçevik, A. E., Toklu, Y. C., Kandemir, S. Y., & Yaylı, M. Ö. (2018). 3B Baskı Teknolojisi Kullanarak Yapı Üretiminde Son Dönem Yenilikler. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(2), 116-122.
- Çopur, S. (2019). 3D Yazıcı Kalem Teknolojisinin Geometri Derslerinde Kullanımının Etkililiğinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- D'Aveni, R. (2015). The 3-D printing revolution. *Harvard Business Review*, 41-48.
- Davis, E.G.(2003). Teaching and classroom experiments dealing with fractions and proportional reasoning. *Journal of Mathematical Behavior*, 22, 107-111.
- Demir, A. (2018). Endüstri 4.0'dan Eğitim 4.0'a Değişen Eğitim-Öğretim Paradigmaları. *Turkish Studies*, 13(15), 147-171.
- Demir, Y. (2018). 3 5E öğrenme modeline uygun etkinliklerin ilkökul 4.sınıf fen bilimleri dersi öğretimine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Entitüsü, Elazığ.
- Diwan, P. (2020). *Is Education 4.0 An Imperative For Success Of 4th Industrial Revolution?*, <https://medium.com/@pdiwan/is-education-4-0-an-imperative-for-success-of-4th-industrial-revolution-50c31451e8a4>, (Erişim Tarihi: 20.03.2020)
- Doğan, G. (2007). *Mikro ve Nano Hızlı Prototipleme*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, A. (2018). *Sınıf Öğretmenlerinin Kesrin Anlamlarına Yönelik Bilgileri Ve Kesirlerin Öğretiminde Kullandıkları Modeller*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Doğan-Temur, Ö. (2011). Dördüncü ve beşinci sınıf öğretmenlerinin kesir öğretimine ilişkin görüşleri: fenomenografik araştırma. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29, 203-212
- Dudek, P. (2013). FDM 3D Printing Technology İn Manufacturing Composite Elements. *Archives Of Metallurgy And Materials*, 58(4), 1415-1418.
- Duman, B., & Kayacan, M. C. (2016). Eklemeli İmalatta Kullanılan STL Dosyalarının Hataları Ve Onarım Yöntemleri. *1.3Boyutlu Baskı Teknolojileri Sempozyumu (3D-BTS)*. İstanbul.
- Eisenberg, M. (2013). 3D Printing for Children: What to Build Next? *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 7-13.
- Ekiz, D. (2020). *Bilimsel araştırma yöntemleri: Yaklaşım, yöntem ve teknikler* (Gözden Geçirilmiş 6. b.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Empson, S. B., Levi, L., & Carpenter, T. P. (2011). The algebraic nature of fractions: Developing relational thinking in elementary school. In *Early algebraization* (pp. 409-428). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Emre, Ş., Yolcu, M. B., & Celayir, S. (2015). Üç Boyutlu Yazıcılar ve Çocuk Cerrahisi.

- Çocuk Cerrahisi Dergisi*, 29(3), 77-82.
- Erdinler, E. S. (2005). *CAD Sistemleri ve Türkiye Mobilya Endüstrisinde Uygulanma Etkinliğinin Analizi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdoğan, H. B. (2018). 3B Biyomodel Üretimi için Medikal Görüntüleme Tekniklerinin Karşılaştırılması. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(2), 8-15.
- Ergin, I. (2012). Constructivist approach based 5E model and usability instructional physics. *Latin-American Journal of Physics Education*, 6(1), 14-20.
- Erkuş, A. (2021). *Davranış bilimleri için bilimsel araştırma süreci* (7. b.). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Ermurat, M. (2002). *Hızlı Prototip ve Üretim Teknolojilerinin İncelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Ersoy, Y. ve Ardahan, H. (2003). İlköğretim Okullarında Kesirlerin Öğretimi-II: Tanıya Yönelik Etkinlikler Düzenleme, www.matder.org.tr, (Erişim Tarihi: 18.02.2020)
- Eyüpoğlu Karaoğlu, N. D. (2019). *Hemşirelik Eğitiminde Üç Boyutlu Yazıcıların Kullanımı: Fallot Tetralojisini Öğrenmede Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Fazio, L., & Siegler, R. S. (2011). *Teaching fractions*, North Coburg: International Academy of Education, 22.
- Fisk, P. (2020). *Education 4.0 ... The Future of Learning will be Dramatically Different, in School and Throughout Life*, <https://www.thegeniusworks.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>, (Erişim Tarihi: 18.02.2020)
- Fok A.W.P., Ip H.H.S. (2004) Personalized Education: An Exploratory Study of Learning Pedagogies in Relation to Personalization Technologies. In: Liu W., Shi Y., Li Q. (eds) *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2004*. ICWL 2004. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, Heidelberg, 3143.
- Ford, S., & Minshall, T. (2019). Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131-150.
- Formlabs. (2020). *Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing in 2020*, <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>, (Erişim Tarihi: 03.05.2020)
- Gabriel, F. C., Coché, F., Szucs, D., Carette, V., Rey, B., & Content, A. (2013). A componential view of children's difficulties in learning fractions. *Frontiers in psychology*, 4, 715.
- Gedik, E., Togay, A., Çoşkun, M., & Demirhan, E. (2018). Üç Boyutlu Baskının Mobilya Sektöründe Ürün Tasarımında Kullanım İmkanlarının Araştırılması. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(2), 16-25.
- Giannatsis, J., & Dedoussis, V. (2009). Additive Fabrication Technologies Applied to Medicine and Health Care: A Review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40(1-2), 116-127.
- Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies (3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing)* (2. Ed.). New York: Springer.
- Gökçeşlan, A. (2017). Üç Boyutlu Yazıcının Grafik Tasarım Alanına Yansımaları. *Fine Arts*, 12(2), 135-148.

- Göker, S. D. (2017). Reflective Models in Teacher Supervision Introduced by Education 4.0: The Teacher in the Mirror. *Studies in Educational Research and Development*, 1(1).
- Gökkurt, B., Soylu, Y., & Demir, Ö. (2015). Ortaokul matematik öğretmenlerinin kesirlerin öğretimine yönelik görüşlerinin incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9(2), 230-251.
- Griffey, J. (2014). The Types of 3-D Printing. *Library Technology Reports*, 50(5), 8-12.
- Groff, P. (1996). Is teaching fractions a waste of time?. *The Clearing House*, 69(3), 177-179.
- Groth, C., Kravitz, N. D., Jones, P. E., Graham, J. W., & Redmond, W. R. (2014). Three-Dimensional Printing Technology. *J Clin Orthod*, 48(8), 475-485.
- Gupta, S. (2017). 3D Printing in Dental Implantology. *Dentistry-Open Journal*, 4(1), e1-e3.
- Gül, M. (2018). Biyomedikal Mühendisliğinde Kullanım Amaçlı 3D Yazıcı Geliştirilmesi. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(3), 85-92.
- Gülyüz, H., Dilber, R., & Erdoğan, İ. (2019). STEM Uygulamalarında Öğretmen Adaylarının 3D Yazıcı Kullanımı Hakkındaki Görüşleri. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 1-8.
- Güneş, F. (2016). Öğretim Stratejileri. F. Güneş içinde, *Öğretim İlke ve Yöntemleri* (2. b., s. 81). Ankara: Pegem Akademi, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=81850>, (Erişim Tarihi : 15.06.2021).
- Güneş, S., Yurdakul, M., Kalaycı, U., Uyanık, U., & Şentürk, S. (2020). 3 Boyutlu Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Ar-Ge Yeteneklerinin Gelişmesine Etkisinin İncelenmesi: Ostim Teknik Üniversitesi Meslek Yüksekokulunda Örnek Bir Uygulama. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 4(1), 1-11.
- Gür Karabulut, B. Y. (2019). *Mimarlık Eğitiminde Üç Boyutlu Yazıcılar: Türkiye Durum Değerlendirmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Gür, Y. (2014). Additive Manufacturing of Anatomical Models from Computed Tomography Scan Data. *Molecular & Cellular Biomechanics (MCB)*, 11(4), 249-258.
- Gür, Y. (2015). Digital Fabrication of Mathematical Models via Low-Cost 3D FDM Desktop Printer. *Acta Physica Polonica A*, 128(2B), B-100 - B-102.
- Gürbüz, S., & Şahin, F. (2017). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=591>, (Erişim Tarihi: 10.11.2019)
- Gürbüz, T. (2015). *5E öğrenme modeline uygun etkinliklerin ortaokul 1.sınıf öğrencilerinin matematik dersi kesirler konusundaki akademik başarılarına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gürbüz, S., & Şahin, F. (2018). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri: Felsefe-Yöntem-Analiz* (Gözden Geçirilmiş ve Güncellenmiş 5. b.). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Gürel Taşkıran, A. (2019). *Fen Eğitiminde 3D Yazıcıların Kullanımının Öğrencilerin Tutumlarına ve Görüşlerine Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Hasemann, K. (1981). On difficulties with fractions. *Educational studies in mathematics*, 12(1), 71-87.
- Herrera, L. M., Pérez, J. C., & Ordóñez, S. J. (2019). Developing spatial mathematical skills through 3D tools: augmented reality, virtual environments and 3D printing. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13(4), 1385-1399.
- Hoopes, E. (2018). The Effects of Using 3D Printed Manipulatives in College Trigonometry . (Unpublished PhD Thesis). Youngstown State University, Ohio.
- Horejsi, M. (2014). Teaching STEM with a 3D printer. *The Science Teacher*, 81(4), 10.

- Horvath, J. (2014). Part 2: The 3D Printing Process. *Mastering 3D Printing* (s. 31-89). içinde Berkeley, CA: APress.
- Horvath, J., & Cameron, R. (2015). *3D Printing with Matter Control*. Apress.
- Horvath, J., Cameron, R., & Adrianson, D. (2015). *The New Shop Class: Getting Started with 3D Printing, Arduino, and Wearable Tech*. Apress.
- Howeidy, D. R., & Arafat, Z. (2017). The Impact of Using 3D Printing on Model Making Quality and Cost in the Architectural Design Projects. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(6), 987-994.
- Huang, T.-C., & Lin, C.-Y. (2017). From 3D Modeling to 3D Printing: Development of a Differentiated Spatial Ability Teaching Model. *Telematics and Informatics*, 34(2), 604-613.
- Huleihil, M. (2017). 3D Printing Technology as Innovative Tool for Math and Geometry Teaching Applications. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 164(1) 012023.
- Işık, C. ve Kar, T. (2014). 7. sınıf öğrencilerinin kesirlerde toplama işlemine kurdukları problemlerin analizi. *Elementary Education Online*, 11(4), 1021-1035.
- İnan, C. (2006). Matematik Öğretiminde Materyal Geliştirme ve Kullanma. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*(7), 47-56.
- Irwin, J., Pearce, J. M., Anzalone, G., Douglas, M., & Oppliger, E. (2014). The RepRap 3-D Printer Revolution in STEM Education. *121st ASEE Annual Conference & Exposition*, (s. 24.1242.1-24.1242.13). Indianapolis, IN, http://www.asee.org/file_server/papers/attachment/file/0004/4989/asee_reprap_paper_final1.pdf, (Erişim Tarihi: 07.05.2020)
- İşcan, A. (2018). Eğitim Bilimlerinde Örnek Araştırmalar. G. Yıldırım içinde, *3B Yazıcıların Kullanılabileceği Derslere ve Günlük Kullanım Alanlarına Yönelik Öğretmen Adaylarının Görüşleri* (s. 11-28). Ankara: Nobel Yayınları.
- Izdebska, J., & Zolek-Tryznowska, Z. (2016). 3D food printing—facts and future. *Agro FOOD Industry Hi Tech*, 27(2), 33-37.
- Jalali, M., Bouyer, A., Arasteh, B., & Moloudi, M. (2013). The effect of cloud computing technology in personalization and education improvements and its challenges. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 83, 655-658.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2014). *NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition*. Austin, TX: The New Media Consortium.
- Junte, J. (2017). 3D Printing And Additive Manufacturing – The Implications For OSH, <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/3d-printing-new-industrial-revolution/view>, (Erişim Tarihi: 10.03.2020)
- Kaçar, A. (2019). *İlkokulda Matematik Öğretimi*. Ankara: Pegem Akademi, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=15305>, (Erişim Tarihi: 18.01.2020)
- Kahraman, S., & Demir, Y. (2011). Bilgisayar destekli 3D öğretim materyallerinin kavram yanılgıları üzerindeki etkisi: Atomun yapısı ve orbitaller. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 173-188.
- Kan, A. (2019). *İlkokul 4. sınıf kesirler alt öğrenme alanı için gerçekçi matematik eğitimi yönteminin öğrenci başarısına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kan, A. (2019). Ölçmenin Temel Kavramları. H. Atılğan içinde, *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme* (12. baskı). (s. 19-42). Ankara: Anı Yayıncılık, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=18481>, (Erişim Tarihi: 17.06.2020)
- Kanlı, U. (2010). Yapılandırmacı Kuramın Işığında Öğrenme Halkası'nın Kökleri ve

- Evrimi-Örnek Bir Etkinlik. *Eğitim ve Bilim*, 34(151).
- Kaplan, K. (2020). *Ortaokul Türkçe derslerinde karikatür okuryazarlığı becerisinin geliştirilmesi: Bir eylem araştırması*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Uşak.
- Karaduman, H. (2018). Soyuttan Somuta, Sanaldan Gerçeğe: Öğretmen Adaylarının Bakış Açısıyla Üç Boyutlu Yazıcılar. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 273-303.
- Karagöl, B. (2015). 3D Printing: What Does It Offer and for Whom? *STPS-Science and Technology Policy Studies Center, Middle East Technical University*.
- Karasar, N. (2004). *Bilimsel Araştırma Yöntemi* (13. b.). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kaya, E., Newley, A., Yesilyurt, E., & Deniz, H. (2019). Improving preservice elementary teachers' engineering teaching efficacy beliefs With 3D design and printing. *Journal of College Science Teaching*, 48(5), 76-83.
- Kelly, J. F. (2014). *3D Modeling and Printing with Tinkercad: Create and Print Your Own 3D Models*. Que Publishing.
- Khotuntsev, Y., & Dzhannamedov, A. (2018). 3d Modeling And Prototyping (3d Printing And Cnc Machining) At The All-Russian Technology Competition For Schoolchildren. *3rd International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry 2018*, (s. 101-103). Antalya.
- Kiraz, C., Sezer, H. K., & Şahin, İ. (2018). Kuyumculuk Sektöründe 3b Baskı Tasarım Tekniklerinin Özgürlüğünden Faydalanıldığında Sektöre Getirileri. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(2), 46-58.
- Kocaoğlu T., & Yenilmez, K. (2010). Beşinci sınıf öğrencilerinin kesir problemlerinde yaptıkları hatalar ve kavram yanlışları. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (14), 71-85.
- Koç, Ş. (2019). *Kesir öğretiminde proje tabanlı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin başarılarına ve üstbilişsel farkındalıklarına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kostakis, V., Niaros, V., & Giotitsas, C. (2015). Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece. *Telematics and Informatics*, 32(1), 118-128.
- Kökhan, S., & Özcan, U. (2018). 3D Yazıcıların Eğitimde Kullanımı. *Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi (BEST Dergi)*, 2(1), 81-85.
- Köksal, A. P. (2019). *Öğrenme Amaçlı Yazma Etkinliklerinin Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Elektrik Konusundaki Akademik Başarılarına, Kalıcılığa ve Fen Bilimleri Dersine Karşı Tutumlarına Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Köksal, O., Atalay, B. (2015). *Öğretim İlke ve Yöntemleri*. Konya: Eğitim Yayınevi.
- Kruth, J. P., Wang, X., Laoui, T., & Froyen, L. (2003). Lasers and Materials in Selective Laser Sintering. *Assembly Automation*, 23(4), 357-371, <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/0144-5154>, (Erişim Tarihi: 14.05.2020)
- Kun, K. (2016). Reconstruction and development of a 3D printer using FDM technology. *Procedia Engineering*, 149, 203-211.
- Kuzu Demir, E. B., Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H., & Kuzu, A. (2016). Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojilerinin Eğitim Alanında Kullanımı: Türkiye'deki Uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 17(2), 481-503.
- Küçüksoğak, S. (2019). *Üç Boyutlu Yazıcıların Eğitimde Kullanımı: Öğrenciler Üzerine*

- Bir Uygulama.* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aksaray.
- Kwon, H. (2017). Effects of 3d Printing and Design Software on Students' Interests, Motivation, Mathematical and Technical Skills. *Journal of STEM Education*, 18(4), 37-42.
- Lazić, B., Abramovich, S., Mrđa, M., & Romano, D. A. (2017). On the teaching and learning of fractions through a conceptual generalization approach. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 12(3), 749-767.
- Lenhart, S., Sturner, K. (2021). 3-D Printing Models of Cell Organelles and Flowers. National Institute for Mathematical and Biological Synthesis (NIMBioS), QUBES Educational Resources.
- Li, Z., Rathore, A. S., Song, C., Wei, S., Wang, Y., & Xu, W. (2018). PrinTracker: Fingerprinting 3D Printers Using Commodity Scanners. *Proceedings of the 2018 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, (s. 1306-1323). Toronto.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The New World of 3D Printing*. Indianapolis,IN: John Wiley & Sons, Inc.
- Liu, L., Shamir, A., Wang, C. C., & Whiting, E. (2014). 3D Printing Oriented Design: Geometry and Optimization. *SIGGRAPH ASIA Courses*, 1-1.
- López Galdeano, J. A. (2015). 3D Printing Food: The Sustainable Future. (*Unpublished master's thesis*). Kaunas University Of Technology Institute Of Environmental Engineering, Kaunas.
- Lord, T. R. (1999). *A Comparison Between Traditional and Constructivist Teaching in Environmental Science*. *The Journal of Environmental Education*, 30(3), 22–27.
- Lowrie, T., Logan, T., & Hegarty, M. (2019). The influence of spatial visualization training on students' spatial reasoning and mathematics performance. *Journal of Cognition and Development*, 20(5), 729-751.
- Lubinski, D. (2010). Spatial ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development. *Personality and Individual Differences*, 49(2010) 344–351.
- Ma, X. (2013). Research on Application of SLA Technology in the 3D Printing Technology. *Applied Mechanics and Materials*, 401-403, 938-941.
- MEB. (2018). *Matematik Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 1,2,3,4,5,6,7 ve 8. Sınıflar)*. Ankara:MEB.
- Mertz, L. (2013). "New World of 3-D Printing Offers" Completely New Ways of Thinking": Q&A with Author, Engineer, and 3-D Printing Expert Hod Lipson. *IEEE Pulse*, 4(6), 12-14.
- Micallef, J. (2015). *Beginning Design for 3D Printing*. Apress.
- Misquitta, R. (2011). A review of the literature: Fraction instruction for struggling learners in mathematics. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26(2), 109-119.
- Mitchell, A. and Horne, M. (2008). Fraction number line and the additivity concept of length measurement. In M. Goos, R. Brown and K. Makar, (Eds.). *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp.353-360).
- Moore, V. (2018). Use of Digital Fabrication Tools and Curriculum with Gifted Students in Rural Middle Schools. *ProQuest LLC*, Denton, Texas, <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc1404600>, (Erişim tarihi: 19.09.2021).

- Moss, J., & Case, R. (1999). Developing children's understanding of the rational numbers: A new model and an experimental curriculum. *Journal for research in mathematics education*, 30(2), 122-147.
- Naboni, R., & Paoletti, I. (2015). *Advanced Customization in Architectural Design and Construction*. Cham: Springer International Publishing.
- Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3D Printing Project-Based Learning on Preservice Elementary Teachers' Science Attitudes, Science Content Knowledge, and Anxiety About Teaching Science. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 412-432.
- Olkun, S., & Toluk Uçar, Z. (2014). *İlköğretimde ETKinlik Temelli Matematik Öğretimi* (6. b.). Ankara: Eğiten Kitap.
- Olla, P. (2015). Opening Pandora's 3D Printed Box. *IEEE Technology and Society Magazine*, 34(3), 74-80.
- Orhun, N. (2007). Kesir işlemlerinde formal aritmetik ve görselleştirme arasındaki bilişsel boşluk. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(13), 99-111.
- Oropallo, W., & Piegler, L. A. (2016). Ten Challenges in 3D Printing. *Engineering with Computers*, 32(1), 135-148.
- Özdemir, S., Çetin, E., Çelik, A., Berikan, B., & Yüksel, A. O. (2017). Furnishing New Generations with Productive ICT Skills to Make Them the Maker of Their Own Future. *Journal of Education and Future*, 11, 137-157.
- Özkan, C. (2019). 7. Sınıf "Rasyonel Sayılar" Konusunun 5E Öğrenme Modeli İle Öğretiminin Öğrenci Başarısına Ve Eleştirel Düşünme Becerisine Etkisi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Özler, S. B., Küçükgül, C., & Koç, B. (2015). 3-Boyutlu Biyobasım (3D Bioprinting). *Türkiye Klinikleri Tıbbi Onkoloji Özel Dergisi*, 8(2), 155-161.
- Özsoy, K. (2019). Üç Boyutlu (3B) Baskı Teknolojisinin Eğitimde Uygulanabilirliği: Senirkent MYO Örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 111-123.
- Özsoy, K., & Duman, B. (2017). Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1), 36-48.
- Özsoy, K., & Kayacan, M. C. (2018). Ergiyik Biriktirme Yöntemiyle Hafifletilmiş Kişiyel Özel Kafatası İmplantının Hızlı Prototiplenmesi. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, 1(1), 1-11.
- Özsoy, S., & Özsoy, G. (2013). Eğitim Araştırmalarında Etki Büyüklüğü Raporlanması. *İlköğretim Online*, 12(2), 334-346.
- Öztemel, E. (2018). Yeni Yönelimlerin Değerlendirilmesi ve Eğitim 4.0. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 25-30.
- Pandey, R. (2014). Photopolymers in 3D Printing Applications. *ARCADA*, 27.
- Pandharpatte, P., & Ruikar, P. (2019). 3D Printing: The Next Industrial Revolution. *International Journal Of Research In Aeronautical And Mechanical Engineering*, 7(3), 6-20.
- Pantziara, M., & Philippou, G. (2012). Levels of students' "conception" of fractions. *Educational Studies in Mathematics*, 79, 61-83.
- Paul, S. (2018). 3D Printed Manipulatives in a Multivariable Calculus Classroom. *PRIMUS*, 28(9), 821-834.
- Peels, J. (2017). 3D printing in education: How can 3D printing help students?. Erişim

- Tarihi: 12.03.2021, <https://3dprint.com/165585/3d-printing-in-education/>
- Peker, M., & Mirasyedioğlu, Ő. (2003). Lise 2. Sınıf Öğrencilerinin Matematik Dersine Yönelik Tutumları ve Başarıları Arasındaki İlişki. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(14), 157-166.
- Pérez, C. L., & Calvet, J. V. (2002). Uncertainty Analysis of Multijet Modelling Processes for Rapid Prototyping of Parts. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 216(5), 743-752.
- Pesen, C. (2008). Kesirlerin sayı doğrusu üzerindeki gösteriminde öğrencilerin öğrenme güçlükleri ve kavram yanılgıları. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(15), 157-168.
- Pham, D., & Dimov, S. S. (2012). *Rapid Manufacturing: The Technologies and Applications of Rapid Prototyping and Rapid Tooling*. Springer Science & Business Media.
- Pizzolato, N., Limongelli, M., Di Francesca, A., Kirkar, M., Koch, V., Gomez, V. G., ... & Silva, R. P. (2020). The “E3D+ VET” Erasmus+ project: Interdisciplinary teaching and learning in VET centres through 3D printing. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1512(1), IOP Publishing.
- Plano Clark, V. L., & Creswell, J. W. (2008). *The mixed methods reader*, <https://books.google.com.tr/books?id=iBr6Y7cBmOQC&lpg=PT14&ots=PX8YUUIELK&dq=creswell%20plano%20clark%20mixed%20methods&lr&hl=tr&pg=PT14#v=onepage&q=creswell%20plano%20clark%20mixed%20methods&f=false>, (Erişim Tarihi: 09.06.2020)
- Prayaga, C., Prayaga, L., Wade, A. & Whiteside, A. (2015). Engaging the Digitally Wired Student With Discovery Labs to Explore STEM Concepts. In S. Carliner, C. Fulford & N. Ostaszewski (Eds.), *Proceedings of EdMedia 2015--World Conference on Educational Media and Technology* (pp. 109-113). Montreal, Quebec, Canada: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), <https://www.learntechlib.org/primary/p/151276/>, (Erişim Tarihi: 15.06.2021)
- Prince, J. D. (2014). 3D Printing: An Industrial Revolution. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 11(1), 39-45.
- Puncreobutr, R. (2016). Education 4.0: New Challenge of Learning. *St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(2), 92.
- Ranjan, S., & Padmanabhan, J. (2018). 5E Approach of Constructivist on Achievement in Mathematics at Upper Primary Level. *Educational Quest*, 9(3), 239-245.
- RepRap. (2014). *RepRap Project*, www.reprap.org, (Erişim Tarihi: 20.03.2020)
- Senemoğlu, N. (2020). Gelişim Öğrenme ve Öğretim Kuramdan Uygulamaya (27. b.). Ankara: Anı Yayıncılık, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=74398>, (Erişim Tarihi: 06 13, 2021)
- Schelly, C., Anzalone, G., Wijnen, B., & Pearce, J. M. (2015). Open-Source 3-D Printing Technologies for Education: Bringing Additive Manufacturing to the Classroom. *Journal of Visual Languages & Computing*, 28, 226-237.
- Sharma, P. (2019). Digital Revolution of Education 4.0. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 9(2), 3558-3564.
- Singh, S. (2011). *Beginning google sketchup for 3D printing*. Apress.
- Stansell, A., & Tyler-Wood, T. (2016). Digital fabrication for STEM projects: a Middle school example. *2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (s. 483-485). IEEE.
- Strong, S., & Smith, R. (2001). Spatial visualization: Fundamentals and trends in

- engineering graphics. *Journal of industrial technology*, 18(1), 1-6.
- Sulaiman, H., Suid, N., & Idris, M. B. (2018). Usability Evaluation of Confirm-A Learning Tool Towards Education 4.0. *2018 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e)*, 73-78.
- Sun, Y., & Li, Q. (2017). The Application of 3D Printing in Mathematics Education. *The 12th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2017)* (s. 47-50). Houston, USA: IEEE.
- Spyros, P., Georgios, S., Konstantinos, K. T., & Konstantinos, G. (2021). The effect of 3D Printing technology on primary school. *International Journal of Educational Innovation*, 3(1), 38-50.
- Szulzyk-Cieplak, J., Duda, A., & Sidor, B. (2014). *Advances in Science and Technology Research Journal*, 8(24), 96-101.
- Şahin, M. (2015). Öğretim materyallerinin öğrenme-öğretme sürecindeki işlevine ilişkin öğretmen görüşlerinin analizi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 995-1012.
- Şahin, K., & Turan, B. O. (2018). Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 97-116.
- Şiap, İ., & Duru, A. (2004). Kesirlerde geometriksel modelleri kullanabilme becerisi. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 12(1), 89-96.
- Taşdelen, M. A., Uysal, N., Oran, S., & Turp, O. (2020). *Geleceğin Üretim Teknolojisi Üç Boyutlu Yazıcılar*, <http://www.turkchem.net/gelecegin-uretim-teknolojisi-uc-boyutlu-yazicilar.html>, (Erişim Tarihi: 16.05.2020)
- Taştı, M. B., Avcı Yücel, Ü., & Yalçınalp, S. (2015). Matematik Öğretmen Adaylarının Üç Boyutlu Modelleme Programı ile Öğrenme Nesneleri Geliştirme Süreçlerinin İncelenmesi. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 1(2), 411-423.
- Tatlı, O. (2020). *Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımı, İmalatı ve Dolgu Geometrisinin Mekanik Özelliklere Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- TDK. (2007). "Kimya Terimleri Sözlüğü (II)", <https://sozluk.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 20.05.2020)
- Telli, E. (2009). *Üç Boyutlu Sanal Materyallerin Öğretmen Adaylarının Bilgisayar Dersindeki Başarılarına ve Bilgisayar Destekli Öğretime Yönelik Tutumlarına Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Tillman, D. A., An, S. A., Cohen, J. D., Kjellstrom, W., & Boren, R. L. (2014). Exploring Wind Power: Improving Mathematical Thinking Through Digital Fabrication. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 23(4), 401-421.
- Trust, T., & Maloy, R. W. (2017). Why 3D print? The 21st-century skills students develop while engaging in 3D printing projects. *Computers in the Schools*, 34(4), 253-266.
- Türnüklü, A. (2000). Eğitimbilim Araştırmalarında Etkin Olarak Kullanılabilecek Nitel Bir Araştırma Tekniği: Görüşme. *Kuram Ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 24:543-560.
- Uludağ, F. Ş. (2019). *Radyoterapide 3B Modelleme Yapılarak 3B Yazıcı İle Farklı Filamentler Kullanarak Bolus Üretimi ve Kıyaslanması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Umay, A. (1996). Matematik Eğitimi ve Ölçülmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12, 145-149.
- Upcraft, S., & Fletcher, R. (2003). The Rapid Prototyping Technologies. *Assembly*

- Automation*, 23(4), 318-330, <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/0144-5154>, (Erişim Tarihi: 30.05.2020)
- Valcke, M., Steenbrugge, H., & Veeragoudar Harrell, S. (2008). The Impact of Second Life Experiences on Mathematical Beliefs Relationship with Mathematics Anxiety and Perceived Learning Potential of Second Life for Mathematics Learning. *International Conference for the Learning Sciences (ICLS)*. Utrecht, The Netherlands.
- Verner, I., & Merksamer, A. (2015). Digital Design and 3D Printing in Technology Teacher Education. *Procedia Cirp*, 36, 182-186.
- Vrbas, E., & Rickard, K. (2018). Introducing STEM Education Through A 3D Printing Demonstration.
- Wallner, T., & Wagner, G. (2016). Academic Education 4.0. *International Conference on Education and New Developments*, 155-159.
- Wang, F. L., Lam, J., & Poon, C. K. (2020). Kam Cheong Li. *Int. J. Innovation and Learning*, 27(3), 229.
- Whitaker, M. (2014). The history of 3D printing in healthcare. *The Bulletin of the Royal College of Surgeons of England*, 96(7), 228-229.
- Wisdom, S., & Novak, E. (2020). Using 3D Printing to Enhance STEM Teaching and Learning: Recommendations for Designing 3D Printing Projects In Myint Swe Khine and Nagla Ali (Eds.). *Integrating 3D Printing into Teaching and Learning: Practitioners' Perspective*, 187-205. The Netherlands: Koninklijke Brill.
- Wohler, T., & Gornet, T. (2016). History of additive manufacturing. *Wohlers report*, 1-38.
- Wonjin, J., Jang, H. I., Harianto, R. A., So, J. H., Lee, H., Lee, H. J., & Moon, M. W. (2016). Introduction of 3D Printing Technology in The Classroom for Visually Impaired Students. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 110(2), 115-121.
- Wu, A. M., Wang, K., Wang, J. S., Chen, C. H., Yang, X. D., Ni, W. F., & Hu, Y. Z. (2018). The addition of 3D printed models to enhance the teaching and learning of bone spatial anatomy and fractures for undergraduate students: a randomized controlled study. *Annals of translational medicine*, 6(20).
- Yalçınkaya, S., Yıldız, B., & Borak, M. (2019). Optical 3D Scanner Technology. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3(1), 67-75.
- Yaman, U. (2019). *Kesir öğretimine yönelik geliştirilen dijital materyalin öğrencilerin öğrenme ve tutumlarına etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yanpar Yelken, T. (2017). *Öğretim Teknolojileri ve Materyal Tasarımı* (Genişletilmiş 14. b.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Yaprak Aydın, H. (2019). Chocolate and Delight Production with 3-Dimensional Printer. (Unpublished Master's Thesis). Gaziantep University, Graduate School of Naturel & Applied Science, Gaziantep.
- Yazgan, Y. (2007). *10-11 Yaş Grubundaki Öğrencilerin Kesirleri Kavramaları Üzerine Deneysel Bir Çalışma*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yenilmez, K., & Ev Çimen, E. (2019). Kesirler ve Öğretimi. A. Kaçar içinde, *İlkokulda Matematik Öğretimi* (s. 168-235). Ankara: Pegem Akademi, <https://ws1.turcademy.com/ww/webviewer.php?doc=77152>, (Erişim Tarihi: 04.06.2021).
- Yıldıran, M. (2016). Moda Giyim Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılarla Tasarım ve Üretim. *Art-e Sanat Dergisi*, 9(17), 155-172.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (11. b.).

- Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, G. (2018a). 3B Yazıcıların Kullanılabileceği Derslere ve Günlük Kullanım Alanlarına Yönelik Öğretmen Adaylarının Görüşleri. A. İşcan içinde, *Eğitim Bilimlerinde Örnek Araştırmalar* (s. 11-28). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Yıldırım, G. (2018b). Teachers' Opinions on Instructional Use of 3D Printers: A Case Study. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(4).
- Yıldırım, G., Yıldırım, S., & Çelik, E. (2018). Yeni bir bakış-3 boyutlu yazıcılar ve öğretimsel kullanımı: Bir içerik analizi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 163-184.
- Yıldız, B., & Tüzün, H. (2011). Üç-boyutlu sanal ortam ve somut materyal kullanımının uzamsal yeteneğe etkileri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41(41).
- Yılmaz, M., & Algil, M. (2018). Matematik Öğretim Materyallerinin 3D Yazıcılarla üretimi ve Eğitimciye Sağladığı Katkılar. *Journal of Awareness*, 3(4), 41-52.
- Yi, X., Ding, C., Xu, H., Huang, T., Kang, D., & Wang, D. (2019). Three-dimensional printed models in anatomy education of the ventricular system: a randomized controlled study. *World neurosurgery*, 125, e891-e901.
- Yüceliş, A. C., Börklü, H. R., & Sezer, H. K. (2018). Düşük Maliyetli FDM 3D Yazıcıları Kullanan Kişiyeye Özel Oyuncak Tasarımı ve Üretimi. *3rd International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry 2018*, 19-21 Nisan 2018, Antalya, Türkiye ss. 108-116.
- Yüksel, A. O. (2015). *Okul Öncesi Dönemde 3 Boyutlu Tasarım ve Üretimin Çocukların Bilişime Yönelik Algılarına Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zhang, C., Anzalone, N. C., Faria, R. P., & Pearce, J. M. (2013). Open-Source 3D-Printable Optics Equipment. *Plos One*, 8(3).

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Akademik Başarı Testi	140
Ek 2. Öğrenci Günlük Formu.....	149
Ek 3. Yapılandırılmış Görüşme Formu.....	150
Ek 4. 3B Yazıcılar Yardımıyla Hazırlanmış Etkinlik Özetleri ve Kazanım Eşleştirmesi	152
Ek 5. Deney Grubunda Kullanılan Ders Planı Örneği	161
Ek 6. Veli Onam Formu	170
Ek 7. Katılımcı Onam Formu.....	171
Ek 8. Deneysel Çalışma İzin Formu	172
Ek 9. İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nün Araştırma İzni Onay Formu	173
Ek 10. Afyonkarahisar Valiliği'nin Araştırma İzni Olur Yazısı	174

EKLER

Ek 1. Akademik Başarı Testi

KESİRLER ÜNİTESİ AKADEMİK BAŞARI TESTİ

Sevgili Öğrenci,

Sana sunulan aşağıdaki sorular “Kesirler” ünitesiyle ilgili bilgilerini ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Sorulara vereceğin cevaplar sadece yürütülen araştırmada kullanılacak olup, not vermek amacıyla kullanılmayacaktır.

Testten elde ettiğin sonuç araştırmacı tarafından gizli tutulacaktır. Senden beklenen, testteki tüm soruları atlamadan ve düşünerek cevaplamandır.

Yapmakta olduğumuz araştırmanın amacına ulaşabilmesi için en büyük katkıyı sen sağlayacaksın. Soruların cevaplandırılmasına ayıracağın zaman, göstereceğiniz samimiyet, ilgi ve yardımlarınız için şimdiden çok teşekkür ederiz.

- Bu test, açık-uçlu 16 sorudan oluşmaktadır.
- Her sorunun yalnızca bir doğru cevabı vardır.
- Doğru cevapları sorunun altında bulunan boş kısımlara veya belirtilen bölüme okunaklı olacak şekilde yazınız.
- Testin cevaplanması için tavsiye edilen süre 40 dakikadır.

Onur KAVAS
(Yüksek Lisans Öğrencisi)

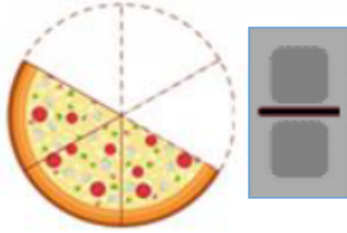
KESİRLER ÜNİTESİ

AKADEMİK BAŞARI TESTİ

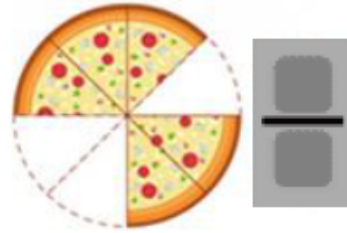
1. Elif ve Zeynep acıkır ve pizzacıdan iki pizza sipariş eder; ama pizzalar tahmin ettiklerinden büyük çıktığı için bir kısmını yiyemez ve kutusuna koyup sonra yemek için dolaba kaldırır.

Aşağıda Zeynep ve Elif'in dolaba kaldırdıkları pizzaların modelleri verilmiştir.

- Bu modellere bakarak pizzaların yenmeyen kısımlarını belirten kesirleri gri kutucuklara yazınız.
- Gri kutucuklara yazdığımız kesirlerin okunuşlarını aşağısındaki noktalı kısımlara yazınız.

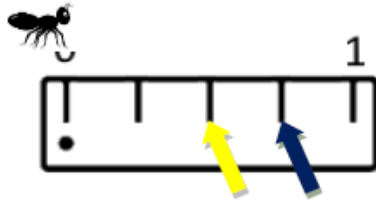


Elif

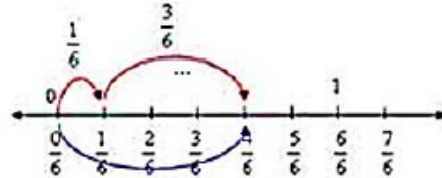


Zeynep

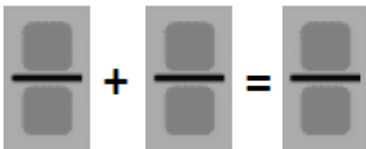
2. Bir karınca cetvel üzerinde ileri doğru yürümektedir. Bu karınca sıfır noktasından başlayarak önce sarı okla gösterilen yere kadar gelmiştir. Daha sonra ileriye doğru biraz daha yürümüş ve lacivert okla gösterilen yere gelmiştir. **Karıncanın cetvel üzerindeki bu yürüyüşünü örnekte olduğu gibi kesirlerde toplama işlemi olarak ifade ediniz. Cevabımızı kutucuklara yazınız.**



Örnek:



$$\frac{1}{6} + \frac{3}{6} = \frac{4}{6}$$



3. Kadir Usta, marangozdur. Bir gün, Kadir'in annesinin evinde kullandığı masanın bir ayağı kırılır. Masayı alıp dükkâna götürür. Kadir Usta, üç tane ayağı olan masaya dördüncü bir ayak yapmaya karar verir. Bunun için 60 santimetre uzunluğundaki tahtayı alıp $\frac{3}{5}$ 'ünü kestikten sonra masaya dördüncü ayak olarak yapıştırır. Buna göre bu masanın dördüncü ayağı kaç santimetredir?

Çözüm:



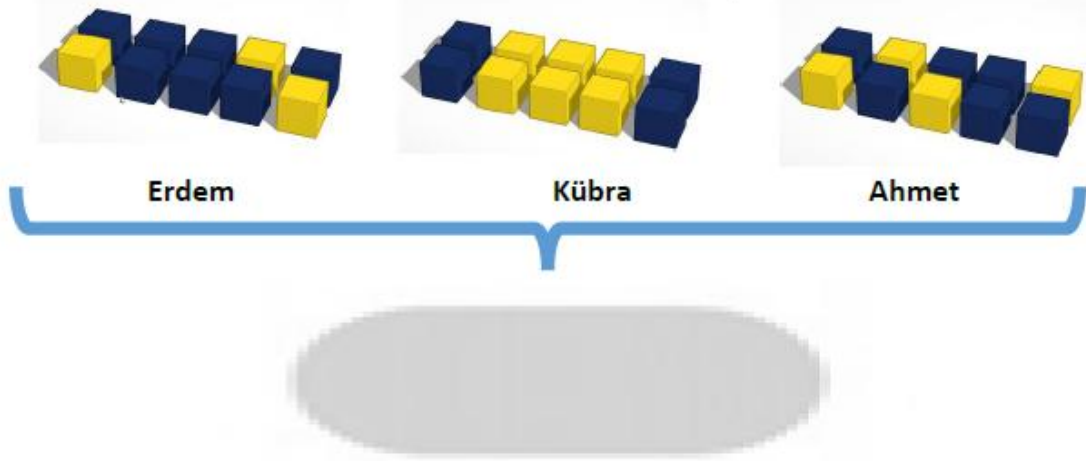
4. Emin, mahallede satacağı sütleri eşit büyüklükteki kaplara doldurarak terazisinde tartıp satmaktadır. Aşağıda iki ayrı müşterisi için hazırladığı eşit büyüklükteki süt kapları ve bu kapların süt ile dolu olan kısımları gri renkli olarak verilmiştir. Emin, bu süt kaplarından birini terazinin A kefesine diğerini de B kefesine bıraktığında terazinin yukarıdaki gibi durduğunu görüyor.



Buna göre aşağıdaki kapların altındaki boşluklara hangi kefeye bırakıldığını yazınız.



5. Ahmet, Erdem ve Kübra ellerinde bulunan toplam 10 adet küpü aşağıdaki gibi sarı ve lacivert renklere boyamışlardır. Bu boyama işleminden sonra sarı renkteki küplerle ifade edilen kesirleri küçükten büyüğe sıralayıp kutucuğa yazınız.



6. Patates yetiştiriciliğiyle uğraşan bir çiftçi elindeki 120 kilogram patatesi iki günde satmıştır bu satışın detayları şu şekildedir: Birinci gün patateslerin $\frac{2}{10}$ 'sini, ikinci gün patateslerin $\frac{5}{10}$ 'ini satmıştır. Bu çiftçinin iki günde toplam kaç kilogram patates sattığını bulunuz.



7.



Ahmet yukarıdaki boya kutularının önce $\frac{2}{7}$ sini, sonra $\frac{3}{7}$ ünü kullanmıştır. Geriye boya kutularının kaçta kaçının kaldığını aşağıdaki boşluklara yazınız.

8.



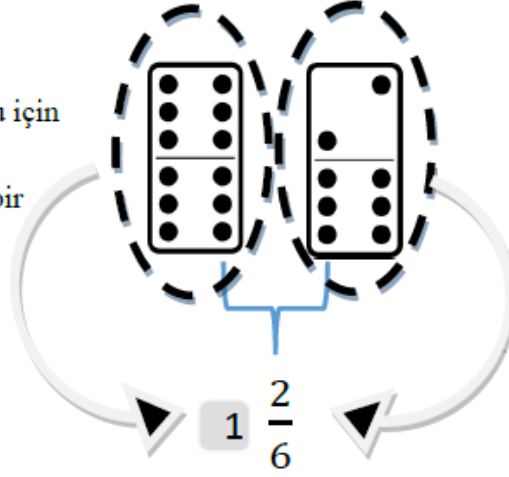
Sena, resim defterinin bir sayfasını yukarıdaki gibi dört eşit parçaya ayırıp bir kısmını yeşil renge boyamıştır. Sena'nın annesi defterine ne yaptığını sorduğunda Sena, "defterimin bir sayfasının $\frac{3}{4}$ 'ünü yeşile boyadım anne" cevabını verir. Sena'nın annesi onun defterini alır ve üç sayfayı aşağıdaki şekilde gibi yeşile boyadıktan sonra, "Peki şimdi ben bu üç sayfanın kaçta kaçını boyadım?" sorusunu sorar. Sena'nın annesine vereceği cevabı bileşik kesir olarak aşağıdaki gri kutucuğa yazınız.



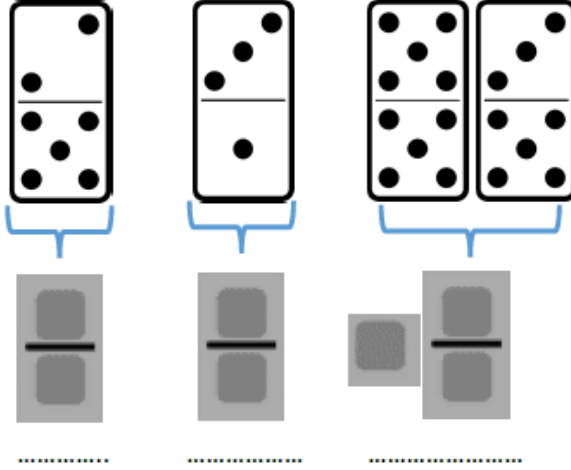
9. Mehmet, domino taşlarıyla oyun oynamayı çok sevmektedir. Matematik dersinde kesirleri öğrendikten sonra evdeki domino taşlarını dik tuttuğunda üzerinde yazılı olan sayıların bir kesir belirttiğini fark eder. Mehmet, aşağıda verilen domino taşlarını örnekteki gibi kesir olarak yazmış çeşidini de altına belirtmiştir. Siz de Mehmet gibi domino taşlarının belirttiği kesri ve çeşidini boşluklara yazınız.

Şekilde üstte 6 altta 6 olduğu için

$\frac{6}{6}$ olarak ifade edilir. Bu da bir
tama karşılık gelir.



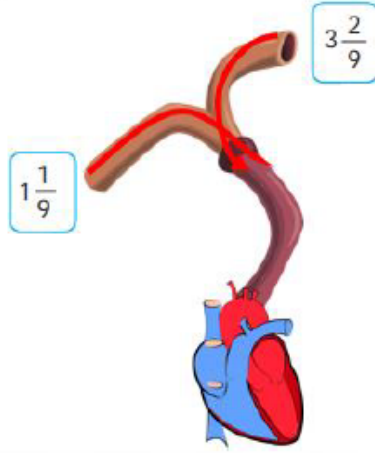
Tam Sayılı Kesir



10. Elif, bir alışveriş merkezine gitmiştir ve kazak almaya karar vermiştir. Elif'in alışverişte aldığı kazağın fiyatının $\frac{3}{5}$ 'ü 300 TL olduğuna göre Elif kazak için mağazaya kaç TL ödemiştir?



11.



Çözüm:

İnsan kalbi, vücuda kan göndermekle görevlidir. Bu işlemi yaparken kalbe gelen toplardamarlar kalpte birleşip kalbin içine kan getirdikten sonra, kan atardamarlarla vücuda gönderilir. Yukarıda iki toplardamar ve kalbe taşıdıkları kan miktarları görülmektedir. Sağdaki damardan $3\frac{2}{9}$ litre ve soldaki damardan $1\frac{1}{9}$ litre kan gelmektedir. Kanlar ortada birleşip kalbe dolmaktadır. Kalpte toplam kaç litre kan, vücuda gönderilmek üzere birikmiştir?

12. Kodlama ile uğraşan Ahmet, bir oyun geliştirir. Bu oyunda bir düğmeye basıldığında hem tablette hem dizüstü bilgisayarda hem de cep telefonunda farklı farklı kesirler görünmektedir. Daha sonra bu kesirlerin küçükten büyüğe sıralanması gerekmektedir. Ahmet'in geliştirdiği oyunda tabletin ekranında $\frac{1}{19}$, dizüstü bilgisayarın ekranında $\frac{1}{9}$, cep telefonunun ekranında ise $\frac{1}{29}$ birim kesirlerini oluşturmuştur. Bu oyunu devam ettirebilmek için ekranda görünen kesirleri küçükten büyüğe sıralayınız. Cevabınızı gri kutucuğa yazınız.



13. Elif, Sena ve Duru, bir araba yarışına katılmışlardır. Elif yarış parkurunun $\frac{4}{7}$ 'sini Sena yolun $\frac{2}{7}$ 'sini Duru ise $\frac{6}{7}$ 'sini arabayla gitmiştir. Buna göre, Elif, Sena ve Duru'nun yarış parkurunu bitirebilmeleri için gitmesi gereken yolları bulup küçükten büyüğe sıralayalım. Cevabınızı gri kutucuğa yazınız.

Bitirmesi gereken yol:



$$\text{Elif} = \frac{4}{7}$$



$$\text{Sena} = \frac{2}{7}$$



$$\text{Duru} = \frac{6}{7}$$

14. Üç boyutlu yazıcıların eğitimdeki önemi ile ilgili bir ankete katılan öğrenci, anketteki soruların önce $\frac{4}{17}$ 'ünü daha sonra $\frac{9}{17}$ 'unu cevaplamıştır. Öğrenci anketteki sorulardan kaçta kaçını cevaplamamıştır?



15. Ela, akşam gelecek misafirleri için pasta yapmak ister. Tarife göre pasta hamuru üç aşamada yoğrulup hazırlanacaktır. Ela, 500 gramlık un paketinin birinci aşamada $\frac{3}{10}$ ünü, ikinci aşamada $\frac{2}{10}$ 'sini üçüncü aşamada ise $\frac{1}{10}$ 'ini kullanacaktır. Ela'nın kullanacağı toplam un miktarı kaç gramdır?



16. Kübra kelebek koleksiyonu yapmayı çok sevdiği için, bulduğu kelebekleri koleksiyonuna katmaktadır. Kübra'nın kelebek koleksiyonunda 40 adet kelebek vardır. Bunların $\frac{3}{5}$ ünü kardeşine verdiğinde Kübra'nın **geriye** kaç adet kelebeği kalır?



Ek 2. Öğrenci Günlük Formu

Öğrenci Günlük Formu

Adı Soyadı:

Oturum No:

1. Bu derste neler öğrendim?
2. Yapılan etkinliklerin günlük yaşamda ne işime yarayacağına dair düşüncelerim;
3. Derste öğrendiklerimin bana niçin öğretildiğine dair düşüncelerim;
4. Bu derste en çok ne yapmaktan hoşlandığıma dair düşüncelerim;
5. Bu derste neleri yapmaktan hoşlanmadığıma dair düşüncelerim;
6. Bu ders işlenişi hakkında neler hissettiğime dair duygularım;
7. Bu dersin işlenişini daha önceki Matematik dersleriyle karşılaştırdığımda nelerin farklı olduğuna dair düşüncelerim;

Ek 3. Yapılandırılmış Görüşme Formu

Merhaba,

Öncelikle yapacağım bu çalışmaya gösterdiğin ilgi ve bana ayırdığın zaman için teşekkür ederim. Bu form, araştırmanın amacını ve senin bir katılımcı olarak haklarını tanımlamayı amaçlamaktadır.

Seninle gerçekleştirdiğimiz bu görüşmenin amacı, “4. Sınıf Kesirler Ünitesinin Öğretiminde 3B Yazıcıların Kullanımının Öğrencilerin Akademik Başarılarına Etkisi” adlı yüksek lisans tez çalışması için çalışmaya katılan bazı öğrencilerin 3B yazıcılar kullanılarak işlenen Matematik dersine yönelik görüşlerini almaktır. Araştırmama gönüllü olarak katılman ve dile getireceğin görüşlerin bu çalışma için çok önemli. Araştırmamın geçerlik ve güvenilirliğini sağlamak, ayrıca görüşme sırasında ortaya çıkabilecek olası kesintileri önleyebilmek amacıyla görüşmemizi cep telefonuyla kaydetmek istiyorum. Bu görüşme, yalnızca bilimsel bir veri olarak bu araştırma için kullanılacak ve bunun dışında hiçbir amaçla kullanılmayacaktır. Senin isteğin doğrultusunda almış olduğum kayıtlar, veriler yazıldıktan sonra silinecek ya da sana isteğin doğrultusunda teslim edilecektir. İsmi bu araştırmada kullanılmayacak, yerine kod isim kullanılacaktır. İstedik zaman görüşmeyi kesebilir ve çalışmadan ayrılabilirsin. Bu durumda yaptığımız kayıtları ve yazılan raporları sana teslim edeceğim. Bu sözleşmeyi okuyup bu araştırmaya gönüllü olarak katıldığını ve araştırma kapsamında benim sana verdiğim güvenceye ilişkin olarak bu formu imzalamanı rica ediyorum. Araştırmama katıldığın ve bu sözleşmeyi okuyarak imzaladığın için teşekkür ederim.

Araştırmacı:
Onur KAVAS
e-posta: onurkavas03@gmail.com
İmza :.....

Görüşülen Kişi :.....
Görüşme Tarihi :.....
İmza :.....

GÖRÜŞME SORULARI

1. Matematik dersinde neler öğreniyorsunuz?
 - Ne tür konular işliyorsunuz?
 - Hangi konuları öğrenmede zorlanıyorsunuz?
2. Matematik dersi sence nasıl işlenmeli?
3. Matematik dersinde hangi etkinlikleri yapıyorsunuz?
 - Sence nasıl etkinlikler yapılmalı?
4. Yaşamın boyunca hiç yazıcı gördün mü?
 - Ne tür yazıcılar gördün?
5. Matematik dersinde kullanılan üç boyutlu yazıcıların matematik konularını öğrenmede sana bir katkısı oldu mu?
 - Olduysa ne gibi bir katkısı oldu?

6. Matematik dersinde üç boyutlu yazıcıların kullanımını sırasında sorun yaşadın mı?
 - Yaşadıysan ne tür sorunlar yaşadın?
7. Matematik dersinde özellikle hangi konularda üç boyutlu yazıcılardan yararlanılmasını istersin?
 - Neden?
8. Başka hangi derslerde üç boyutlu yazıcıların kullanılmasını istersin?
 - Neden?

Ek 4. 3B Yazıcılar Yardımıyla Hazırlanmış Etkinlik Özetleri ve Kazanım Eşleştirmesi

Öğrenme Alanı	Konu	KAZANIM	ETKİNLİK ÖZETİ ve AÇIKLAMALAR	ÖĞRETMEN KILAVUZU
M.4.1. SAYILAR VE İŞLEMLER	M.4.1.6. Kesirler	M.4.1.6.1. Basit, bileşik ve tam sayılı kesri tanımlar ve modellerle gösterir.	Kesir Modelleme Abaküsü 3B yazıcıdan öğretmen tarafından önceden yazdırılmış olan uzunluğu 10 cm olan bir abaküs platformu öğrencilere tanıtılır. Daha sonra öğrencilerden bu platformun sütunlarından rahatlıkla geçirilebilecek kesir blokları Tinkercad uygulamasında uzunlukları 1,2,5,10 cm olacak şekilde istedikleri renk seçenekleriyle beraber tasarımları söylenir. Öğrencilerin tasarladıkları bloklar birinci ders saatinde düşük kalite hız artırımı olarak 3B yazıcıdan çıkarılır. Sınıf geneli ya da gruplarla yapılabilecek bu etkinlikte öğretmen çalışma kâğıtlarını dağıttıktan sonra modelleme etkinliği öğrencilere uygulanır.	Öğrencilerin tasarlamada zorlandığı görülürse yardım edilebilir. Zaman kaybı yaşamamak adına yazdırılacak olan materyaller daha az kalite de yazdırılırsa yazdırma daha hızlı gerçekleşecektir. Tasarlama ve yazdırma işleminin süresi göz önünde bulundurulursa bir gün önceden hazırlık yapılması önerilir.
		M.4.1.6.2. Birim kesirleri karşılaştırır ve sıralar.	Kesir Bloklarını Tartalım 3B yazıcıdan tasarlanan terazi modeli yazdırılıp gerekli birleştirme işlemi yapılır. Etkinlikte bir önceki kesir blokları terazinin kefelerine konulup, hangilerinin daha büyük, hangilerinin daha küçük hangilerinin birbirine eşit olduğu belirlenebilir. Kesirlerde karşılaştırma yapma genelde soyut olarak yani teorik bir bilgi şeklinde öğretildiği için öğrencilerin kavram karmaşası yaşamalarına sebep olabildiği gibi, kalıcı olarak öğrenmelerine de engel olmaktadır. Ayrıca konunun soyut bir konu olması ve bu yaş grubu öğrencilerin de tam olarak soyut işlemler dönemine geçmemesi konuyu kavrama da zorluk yaşamalarına sebep olmaktadır. Bu etkinlikte bu sorun ortadan kalkabileceği gibi öğrencilerin, soyut olan kavramları somutlaştırıp yaparak yaşayarak öğrenmelerine destek olunabilmektedir. Bu etkinlikte öğrencilerin uzamsal becerilerinin de gelişebileceği söylenebilir.	Önceki etkinlikte basımı yapılan blokların büyüklüklerine göre ağırlıkları da farklı olduğu için terazide hangisi daha büyükse o diğerini havaya kaldıracaktır. Burada öğrencilerin bloklara ve teraziye müdahale etmemeleri sağlanır.
		M.4.1.6.3. Bir çokluğun belirtilen bir basit kesir kadarını belirler.	Bir Çokluğu Parçalıyorum Öğretmen tarafından tasarlanıp çıktısı alınan bir etkinlik olan bir çokluğu parçalıyorum etkinliği, bir kenarının uzunluğu 12 cm olan bir karesel tepsi üzerine küp şeklinde tasarlanmış kesir bloklarının konulmasıyla gerçekleştirilir. Kesir bloklarının bir yüzeyi üzerinde kaç cm oldukları bir yüzeyinde ise kesir ifadesi yazmaktadır. Bu durumda öğrenci verilen 10cm uzunluğunun 1/2 sinin kaç cm olduğunu kesir bloğunun üzerine bakarak kolaylıkla görecektir. Aynı şekilde 1/3 ve 1/4 kesirleri içinde her bir parçanın kaç cm olduğunu kolaylıkla görebilir. Diğer bir taraftan yazdırılan 3/4 kesir bloğuna bakan öğrenci 1/4 bloğuyla bir karşılaştırma yapacak ve farklılığın nereden kaynaklandığını araştırmaya çalışacaktır.	Çıktısı alınmış bir etkinlik olduğu için öğrencilere çalışma yapraklarındaki yönergelere uymalarında yardımcı olunmalıdır. Etkinlik grupla ya da toplu olarak yaptırılabilir. Öğrencilere bloklar üzerinde yazan sayıların farklılığını araştırmalarını ve arkadaşlarıyla tartışmaları gerektiği belirtilmelidir. Böylelikle öğrenciler üst düzey bilişsel becerilerini harekete geçirmiş olacaklardır.
		M.4.1.6.4. Paydaları eşit olan en çok üç kesri karşılaştırır.	Pastamı Dilimliyorum Öğrenciler üç gruba ayrılır. Tüm öğrencilere önceden kullanımı öğretilen Tinkercad (ücretsiz Web 2.0 uygulaması) ile grupların, verilen yönergeler doğrultusunda istedikleri şekilde pastalar tasarlamaları istenir. Her grubun bu pastaları gene istedikleri kadar parçaya ayırıp bir parçasını dilimli şekilde 3B yazıcıdan yazdırması istenir. Ürettikleri bu parçayı daha sonra diğer grupların ürettikleri parçalarla karşılaştırıp hangisinin daha büyük hangisinin daha küçük olduğunu tespit edip raporlamaları istenir.	Önceden kullanımı öğretilen Tinkercad uygulamasında öğrencilere takıldıkları yerde yardımcı olunur. Grupların birbiriyle tartışıp kesirleri karşılaştırmaları sağlanır. Grup içi tartışmayı da sağlamak adına verilen yönergede çeşitli sorular sorulur.

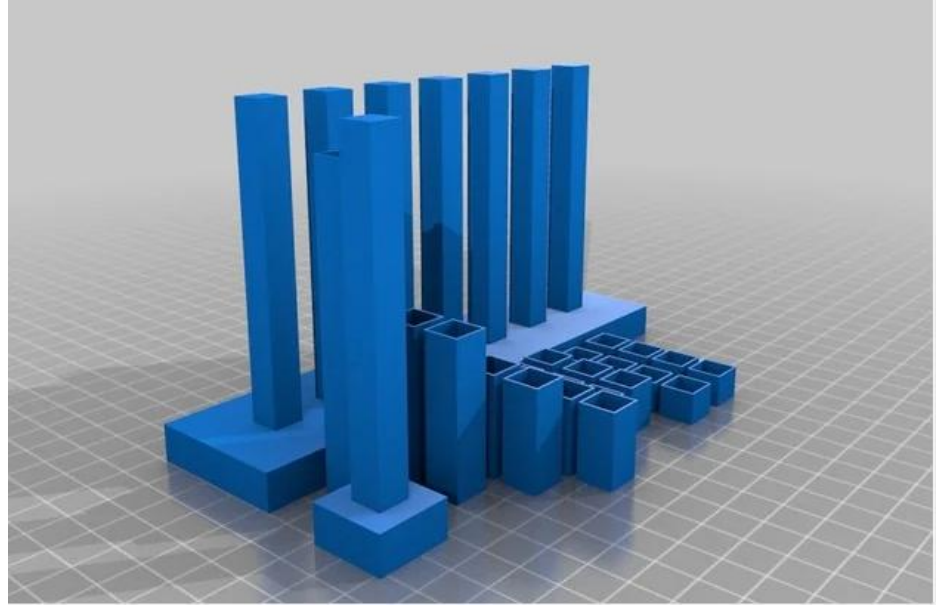
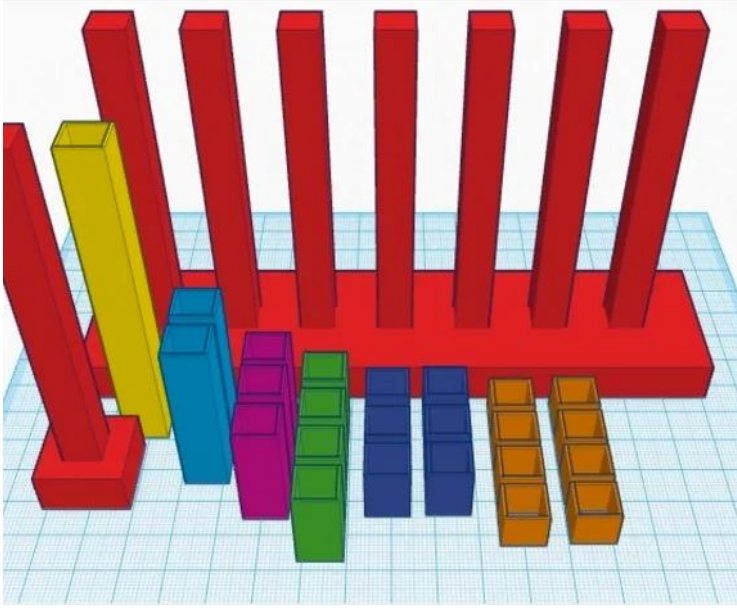
Ek 4. (Devamı) 3B Yazıcılar Yardımıyla Hazırlanmış Etkinlik Özetleri ve Kazanım Eşleştirmesi

Öğrenme Alanı	Konu	KAZANIM	ETKİNLİK ÖZETİ ve AÇIKLAMALAR	ÖĞRETMEN KILAVUZU
M.4.1. SAYILAR VE İŞLEMLER	M.4.1.7. Kesirlerle İşlemler	M.4.1.7.1. Paydaları eşit kesirlerle toplama ve çıkarma işlemi yapar.	<p>Kesir Dominosu Etkinlik, öğrencilerin paydaları eşit olan kesirlerde toplama işlemini somutlaştırarak eğlenceli bir şekilde öğrenmelerini ve onların öğrenme sürecine etkin katılımlarını sağlayacak şekilde tasarlanmış domino oyununu kapsar. Öğrenciler gruplara ayrılır ve her gruba 3B yazıcı yardımıyla üretilen domino taşları ve işlem etiketleri dağıtılır. Öğrencilere kurallar öğretildikten sonra domino oyunu başlatılır. Grup içinde lider olan öğrencilerin de gruplar arası oyun oynamaları sağlanır.</p>	Tinkercad uygulamasıyla tasarlanıp 3B yazıcıyla üretilen domino taşlarının orta kısmında bulunan işlem bölümüne öğrencilerin istedikleri işlem etiketlerini yapıştırabilecekleri kurallar çerçevesinde anlatılır.
		M.4.1.7.2. Kesirlerle toplama ve çıkarma işlemlerini gerektiren problemleri çözer.	<p>Sihirli Çark Öğrenciler gruplara ayrılır, her gruba ayrı çark vermek zaman kaybına yol açabileceği için, her gruba bir tane üretilen çark belirli süre için verilir ve etkinlik çalışma kâğıtlarındaki kısımların doldurulması ve tartışma raporu hazırlanması sağlanır. Daha sonra gruplar arası tartışma ile çarkın işlevi ortaya çıkarılmaya çalışılır.</p>	Öğretmen tarafından önceden üretilen Tinkercad tasarımı üzerinde öğrencilerin kesirler kısmında istedikleri kesirleri yazabilmeleri sağlanır. Böylelikle öğrenci tasarımın pasif kullanıcı değil aktif oluşturucusu konumuna gelmesi de sağlanmış olur. Etkinlik sırasında öğrencilerin grup oluşturmasını sağlanıp tartışma ortamı yaratılabilir.

Ek 5. Etkinliklerde Kullanılan 3b Materyallere Ait Görseller

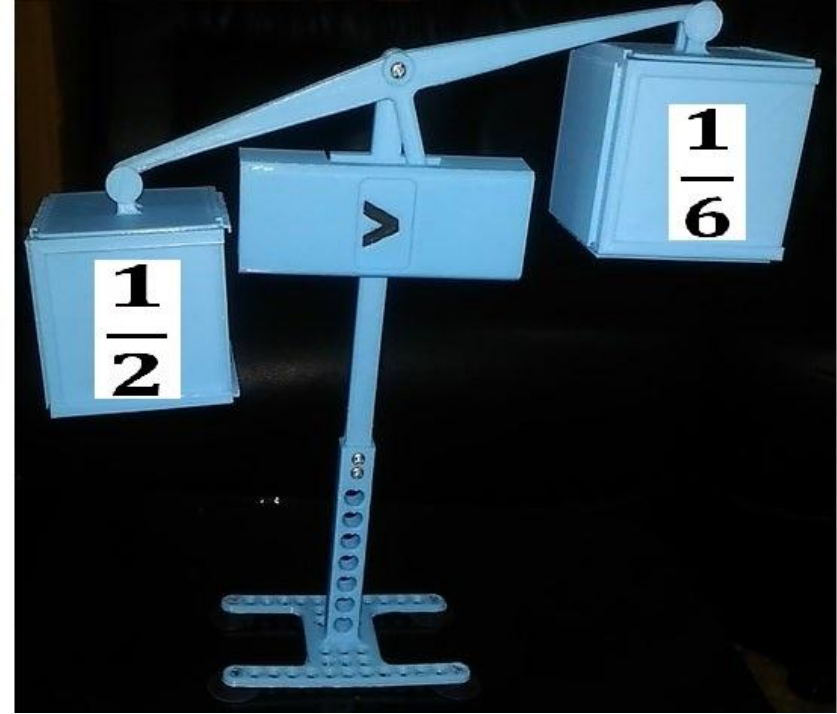
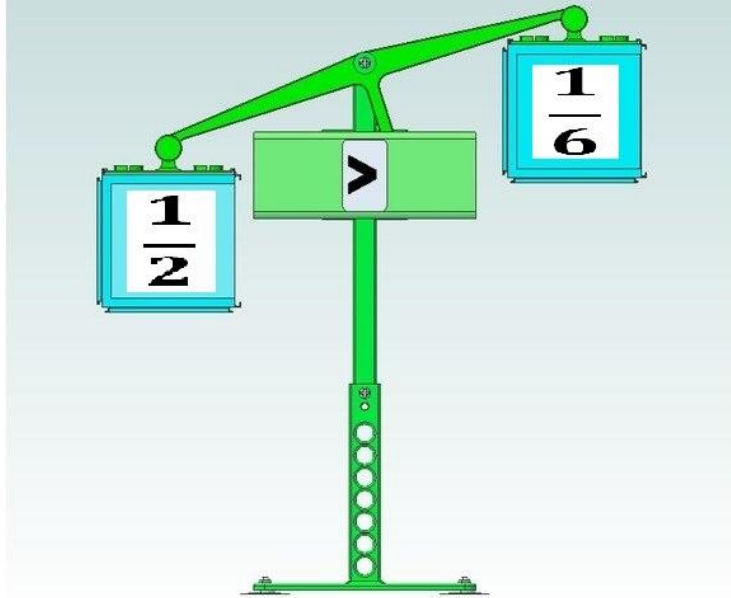
Etkinlik Adı : 3 Boyutlu Kesir Blokları

İlgili Kazanım :M.4.1.6.1. Basit, bileşik ve tam sayılı kesri tanırlar ve modellerle gösterir.



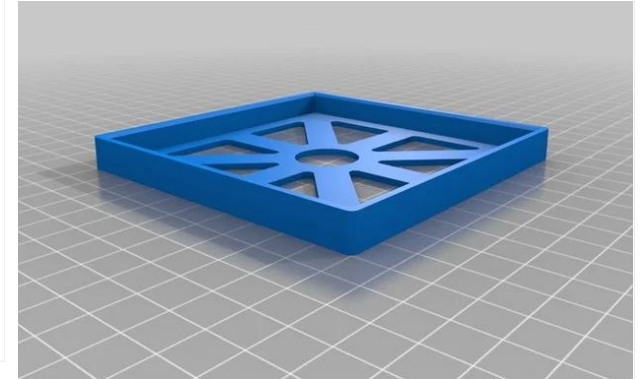
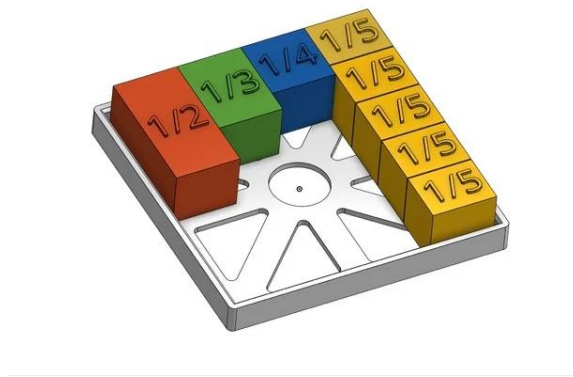
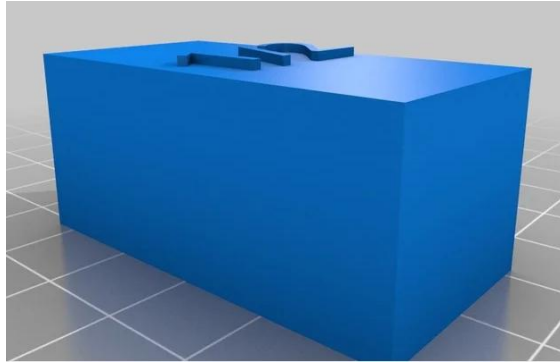
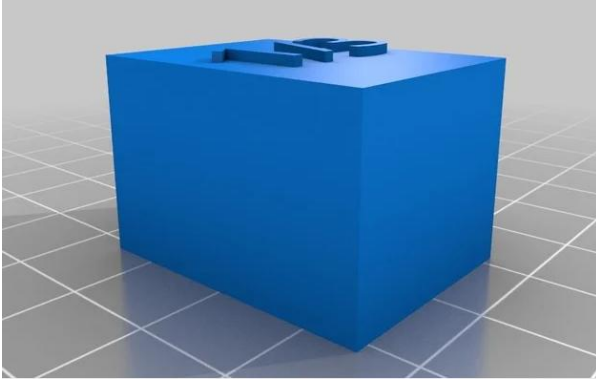
Etkinlik Adı : Kesir Bloklarını Tartalım

İlgili Kazanım : M.4.1.6.2. Birim kesirleri karşılaştırır ve sıralar.



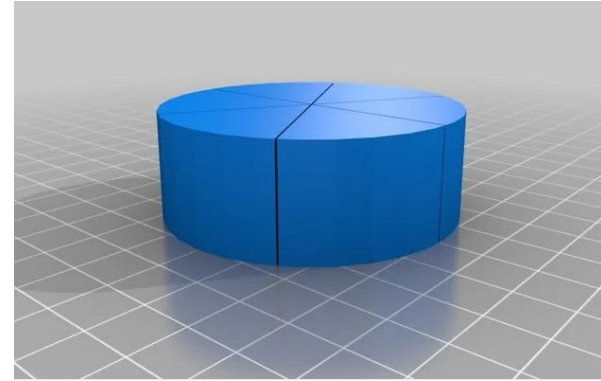
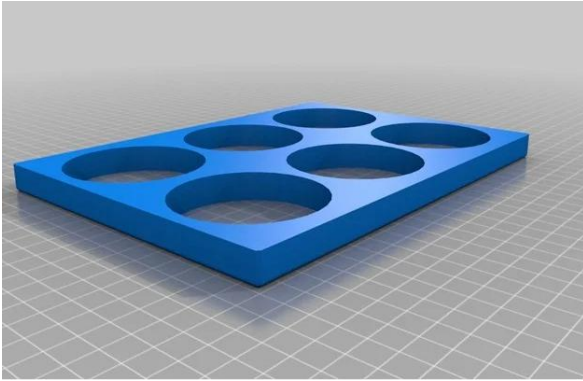
Etkinlik Adı : Çokluğu Parçalıyorum

İlgili Kazanım : M.4.1.6.3. Bir çokluğun belirtilen bir basit kesir kadarını belirler.



Etkinlik Adı : Pastamı Dilimliyorum

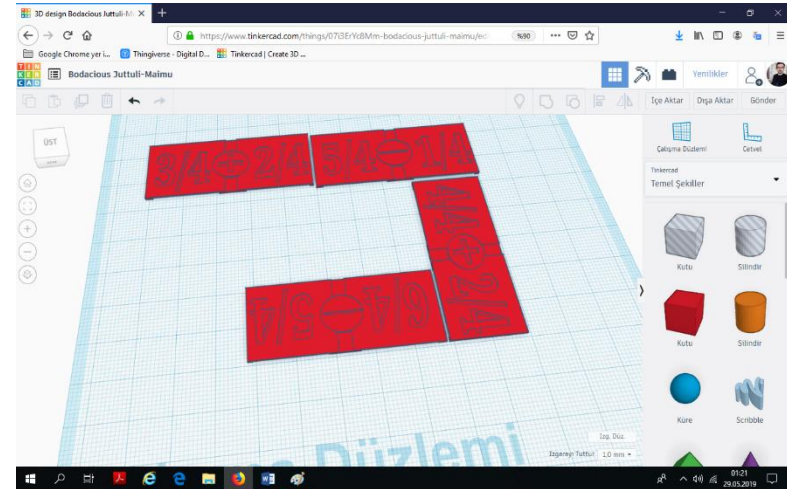
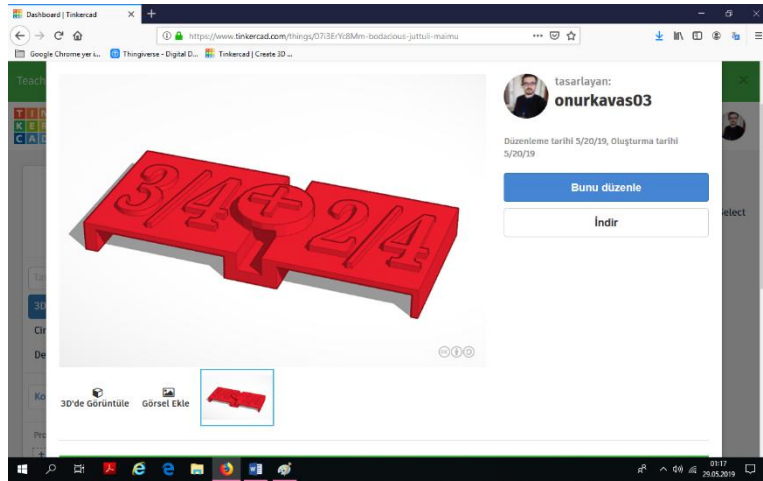
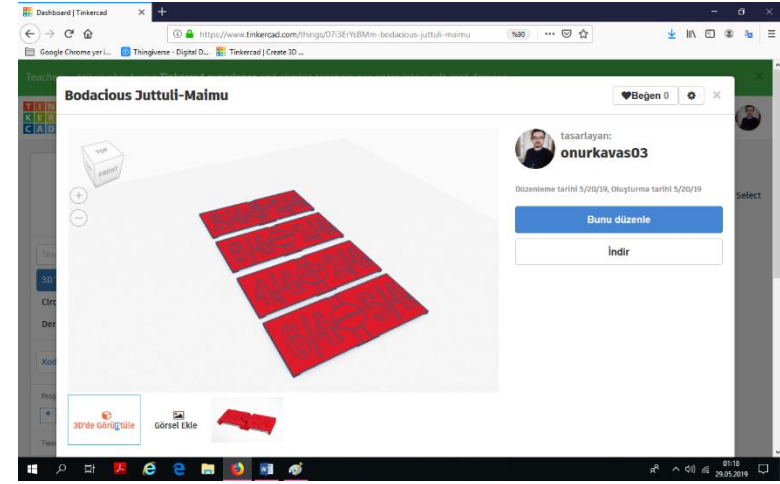
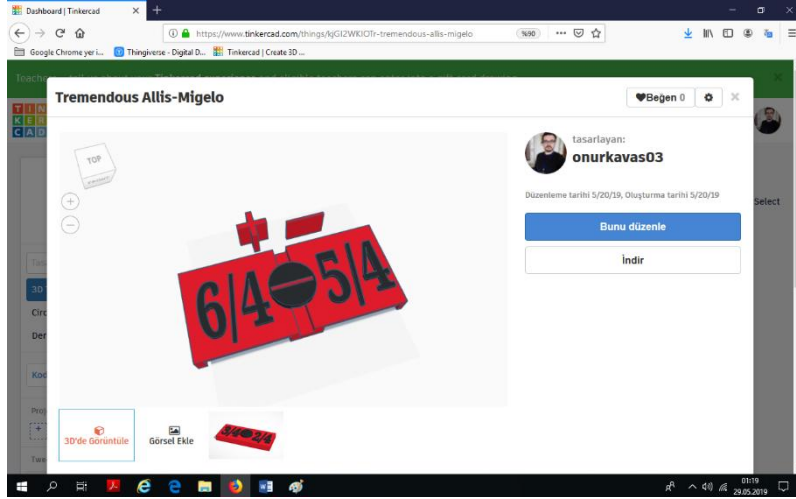
İlgili Kazanım : M.4.1.6.4. Paydaları eşit olan en çok üç kesri karşılaştırır.

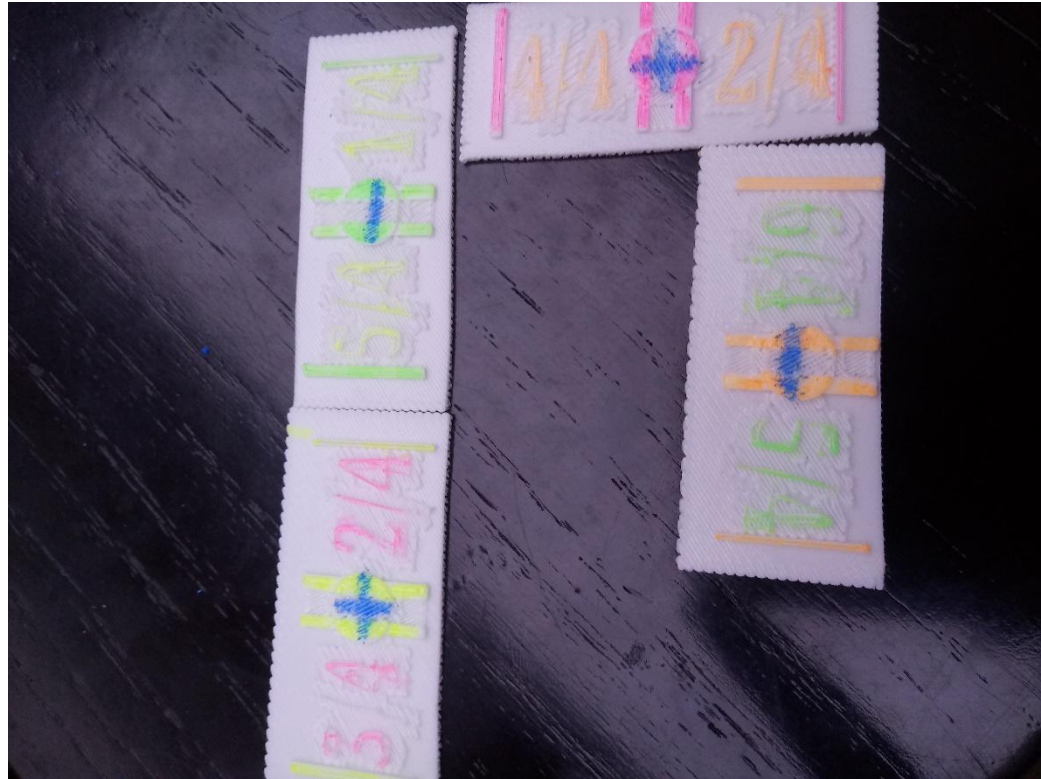


Etkinlik Adı : Kesir Dominosu

İlgili Kazanım : M.4.1.7.1. Paydaları eşit kesirlerle toplama ve çıkarma işlemi yapar.

M.4.1.7.2. Kesirlerle toplama ve çıkarma işlemlerini gerektiren problemleri çözer.

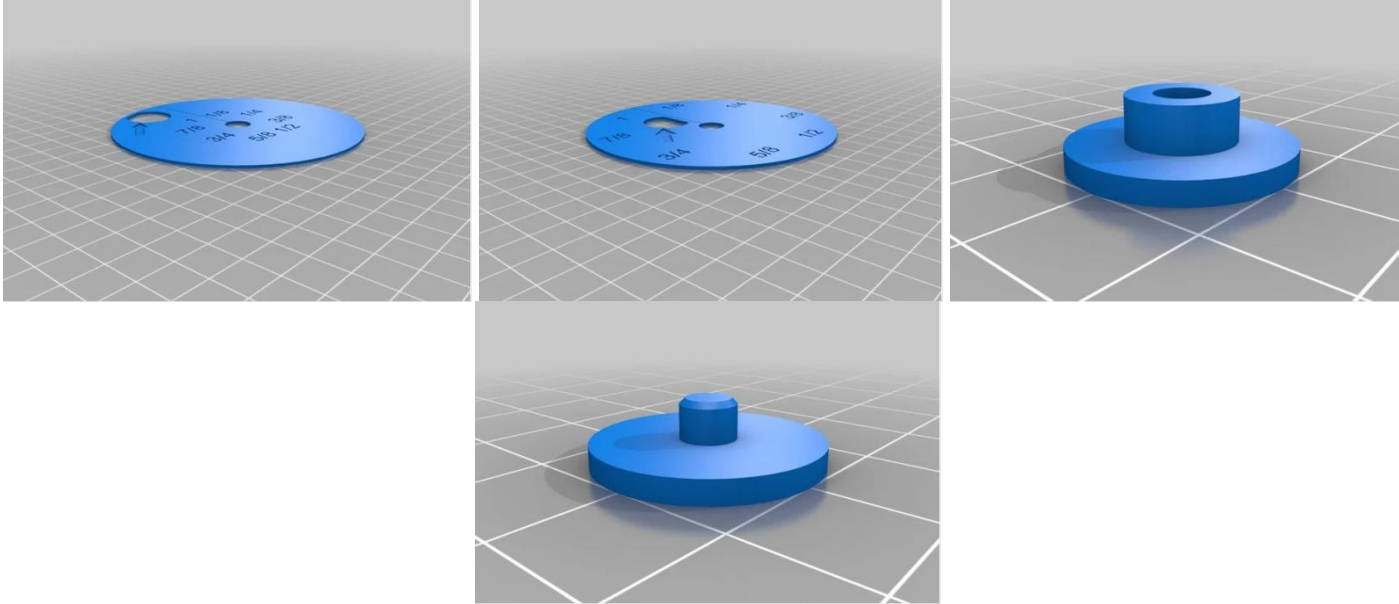
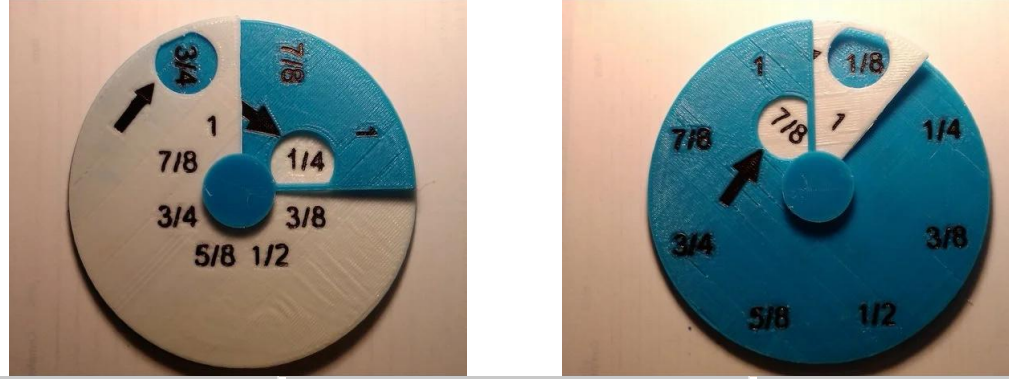




Etkinlik Adı : Sihirli Çark

İlgili Kazanım : M.4.1.7.1. Paydaları eşit kesirlerle toplama ve çıkarma işlemi yapar.

M.4.1.7.2. Kesirlerle toplama ve çıkarma işlemlerini gerektiren problemleri çözer.



Ek 5. Deney Grubunda Kullanılan Ders Planı Örneği

DERS PLANI

NOT: Aşağıda 3B yazıcılar yardımı ile işlenen 4. Sınıf Matematik Ders Planı mevcuttur.

3B yazıcılar matematik eğitiminde kullanırken dikkat edilecek bazı noktalar vardır. Bu ders programında dikkat edilecek hususlar adım adım anlatılmıştır. Ders planında 5E modeli benimsenmiştir.

KESİR MODELLEME ABAKÜSÜ

DERS: MATEMATİK

SINIF: 4. Sınıf

Ön Bilgi:

Evet çocuklar bugün basit bileşik ve tam sayılı kesirleri tanıyıp modelleme yapacağız. Bugün dersi 3B yazıcılar yardımıyla üretilmiş kesir modelleme abaküsü ile işleyeceğiz.

Ayrıca Tinkercad uygulamasıyla sizler tasarım yapıp 3B yazıcı ile çıktılarını alıp etkinliğinizde kullanabileceksiniz. Tasarımlarınızın boyutları yönergede belirtilecek. Bunun için kesir bloklarının uzunluklarını ve renklerini sizlerin belirlemesine izin vereceğim.

ÖNERİLEN SÜRE: 4 ders saati

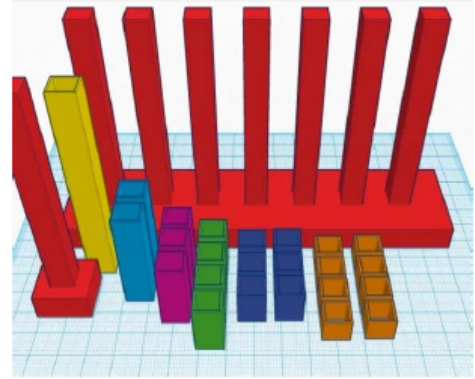
KONU / KAVRAMLAR: M.4.1.6. Kesirler

KAZANIMLAR:

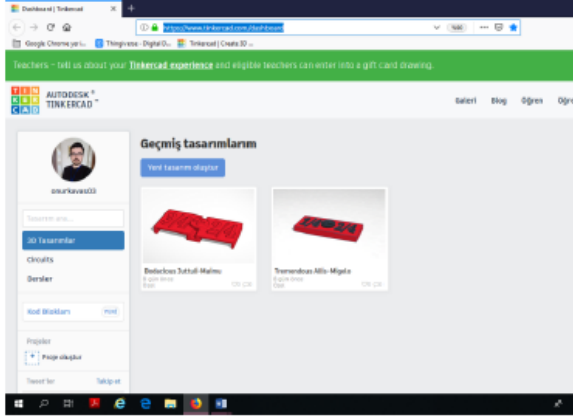
M.4.1.6.1. Basit, bileşik ve tam sayılı kesri tanıyıp ve modellerle gösterir.

MATERYALLER:

- Her grup için bilgisayar veya tablet.
Öğrenciler derse gelmeden önce bilgisayarlarda Thinkercad uygulaması açılmalıdır.
- Her öğrenci için öğrenci çalışma sayfası
- İşlem Etiketleri (Yeterince)
- Önceden öğretmen tarafından 3B yazıcıdan yazdırılmış olan 10 cm uzunluğundaki Abaküs platformu.



- Öğrencilerin tasarımlar yapıp 3B yazıcıdan çıktı almaları için, Thinkercad Uygulaması



<https://www.tinkercad.com/dashboard>

- Geri dönüt verebilmek için her öğrencinin görebileceği akıllı tahta.
- Her grup için öğrenci çalışma sayfası

GİRİŞ :

Öğrencilere basit, bileşik ve tam sayılı kesirlerin günlük hayatta ne işe yarayabileceği sorulur.

Kesirleri modellemek ne işe yarar? Sorusu sorulur.

Kesir modelleme abaküsü tanıtılır ve amacı bildirilir.

Tinkercad uygulaması ile Kesir bloklarını oluşturma kurallarını içeren el broşürleri öğrencilere dağıtılır.

Öğrencilerin ön bilgilerine erişim sağlanır, merak uyandırılır, öğrencilere "neden" sorusu sordurulur, öğrenciler motive edilir ve öğrencilerin ilgisi çekilir. Bu bağlamda basit, bileşik ve tam sayılı kesirleri neden öğreniyoruz? sorusu sorulur.

Etkinlik sırasında takıldıkları yerde öğretmene soru sorabilecekleri söylenir.

KEŞFETME :

Bu bölüm sürenin en fazla ayrıldığı aşamadır. Öğretmen ve öğrenciler, bu aşamadaki süreyi çok iyi plânlamalı ve değerlendirmelidir. Öğrenciler bu aşamada grup çalışması yaparak işbirlikçi öğrenme içinde olurlar.

Öğrenciler, öğretmenlerinin hazırladığı bilgisayar sınıfında bilgisayarlarda açılmış olan Tinkercad uygulamasıyla tasarımlar yapılacaktır. Üretilen fikirler, öğretmenle birlikte değerlendirilerek olayı çözümlemek için beceriler ve çözüm yollarına dönüştürülür.

Bu bölümde üst düzey bilişsel beceriler harekete geçirilir.

Bu doğrultuda, öncelikle öğrenciler gruplara ayrılır. Daha sonra grupların platformun sütunundan rahatlıkla geçebilecek uzunlukları ise 1, 2, 5, 10 cm olacak şekilde birer tane blok tasarımları istenir. Bunun için Yönerge kısmını takip etmeleri sağlanır. Öğrenciler çalışırken, ilerlemeleri izlenir. Öğrencilerin keşfetmesine, başarısız olmasına ve tekrar denemesine izin verilir. Çabuk müdahale edilmez. Takılmaları durumunda öğrencileri grup arkadaşlarıyla beraber takıldıkları yerleri kontrol etmeleri sağlanır.

Not: Öğrencilerin tasarımları ilk ders saatinde çıkarılır ve ikinci ders saatinde ana etkinliğe geçilir.

Öğrenciler tasarım sürecinde hatalarını ve gördüklerini yazmaya teşvik edilir. Gerekirse, öğrencilerin detaylara odaklanmasına yardımcı olunur – bloklar farklı nasıl tasarlanabilir? Bloklar farklı olsaydı boyları değişir miydi? Vb. sorular sorulabilir.

AÇIKLAMA :

Öğrencilerin tasarladıkları bloklar gruplara dağıtılır ve ana etkinliğe geçilir. Öğrencilerin çalışma kâğıdının birinci sayfasını doldurmaları sağlanır. Bu aşama öğretmenin öğrencilerin yetersiz olan düşüncelerini doğru olanları ile değiştirmesine yardımcı olduğu, öğretmenin gerekli açıklamaları yaptığı aşamadır.

Açıklama bölümünde, Öğrenci problemin nasıl çözüldüğünü, problemi nasıl formüle ettiğini, problemin çözüm yollarının neler olduğunu ve nasıl transfer ettiğini ortaya koyar. Öğrenci bunu tek başına gerçekleştiremeyebilir. Bu yüzden öğretmen ipuçları verir.

Öğrencilere ulaştıkları yargıları hakkında sorular sorulur, sınıfta tartışma yürütülür, daha fazla soru üretilir ve yeni tanımlar araştırılır. Öğretmen öğrencilerin tanımlarına akıllı tahta aracılığıyla geribildirim sunar, alternatif tanımlarda, açıklamalarda bulunur, sorular sorar ve değerlendirir. Buna göre öğretmen basit kesrin

ismi neden basit kesir? Bileşik kesrin adı neden bileşik kesir? Tam sayılı kesirlerin ismi neden tam sayılı kesir? Şeklinde sorular sorulabilir. Öğrencilerin konuyu etkinlik ve 3B yazıcıdan çıkarılan materyal üzerinden anlamalarını sağlamak için, Öğrenci Sayfasının ikinci sayfasına öğrenciler yönlendirilip bu sayfada yer alan soruları yanıtlamaları sağlanır.

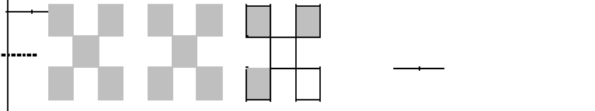
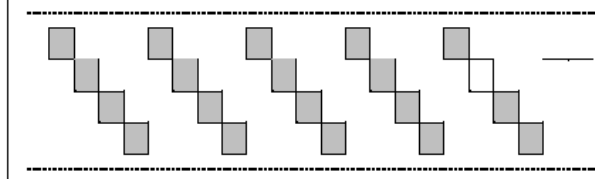
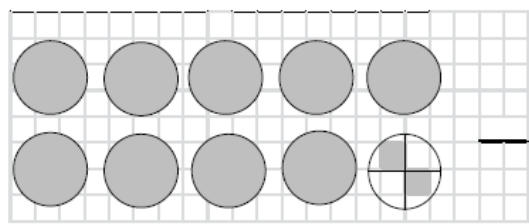
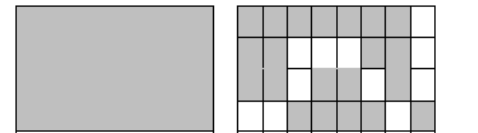
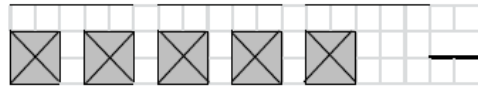
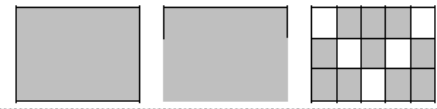
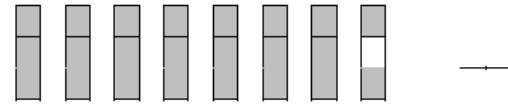
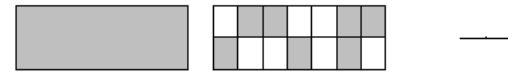
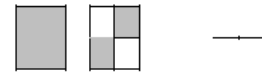
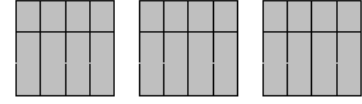
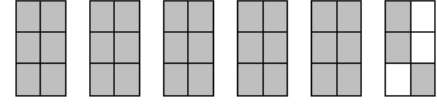
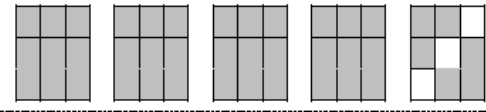
Ayrıca, bu aşama öğretmenin öğrencilerin yetersiz olan düşüncelerini doğru olanları ile değiştirmesine yardımcı olduğu, öğretmenin gerekli açıklamaları yaptığı aşamadır. Bu bağlamda öğretmen Öğrenci çalışma sayfalarından 1-2'ye tekrar döner ve öğrencilere gerekli açıklamalarda bulunur. Öğrencilere geri dönüt verdikten ve anlaşılmayan yerlerin üzerinden geçtikten sonra diğer aşamaya geçilebilir.

AYRINTIYA GİRME:

Öğrencilere çalışma kâğıdının üçüncü kısmında bulunan raporlama çalışmasının detayları sorulur ve raporları üzerinde tartışmaları sağlanır. Etkinlik sonunda etkinlik değerlendirme formu (tartışma değerlendirme) öğrencilere doldurtulur. (FORM 2)

DEĞERLENDİRME:

Modellemesi verilmiş kesirleri yazınız.



Aşağıdaki kesirlerin çeşidini ve ifade ettiği şekilleri çizin.

$$\frac{2}{8}$$

$$\frac{8}{15}$$

$$\frac{13}{4}$$

$$\frac{9}{2}$$

$$\frac{11}{3}$$

$$\frac{4}{3}$$

$$\frac{6}{6}$$

$$\frac{1}{5}$$

$$\frac{2}{2}$$

Öğrenciler grup çalışması yaptıkları için birbirini değerlendirmeleri ve geri dönüt almaları son derece önemlidir. Bu anlamda öğrencilere Form 1 de bulunan akran değerlendirme formu doldurtulur.

Amaç ya da ilgili alt kazanımlara ilişkin etkinlikler yapıldıktan sonra öğrencilerin bu becerileri hayatlarına ne derecede aktardıklarını ya da uygulayıcıların öğrenciler üzerinde sağladıkları gelişimi görmek için uygun gördükleri belirli aralıklarda öz değerlendirme formları uygulanır. Öz değerlendirme formlarında, “öğrencilerin becerileri yaşamlarına ne derecede aktardıklarına, öğrendiklerini uygulamaya değer bulup bulmadıklarına” ilişkin sorular yer alır. Bu sorular aracılığı ile öğrencilerin beklediğimiz davranışları ne derecede uyguladıklarını ya da uygulamaya değer bulduklarını gözleriz. Bu doğrultuda, öğrencilere Form 3 de yer alan öz değerlendirme formu doldurtulur. Böylece öğrencilerin kendi kendilerini değerlendirmeleriyle, içsel değerlendirme becerisini geliştirmeleri sağlanabilir.

Uygulamada, uygulayıcılar gözlem formu kullanmadan da gözlem yapabilir. Yapılacak her gözlemden, gözlem formu kullanılması gibi bir durum söz konusu değildir. Ancak gözlem formları kullanılarak yapılacak gözlemler daha tutarlı ve geçerli olur. Bunun nedeni, gözlem formları hazırlanırken gözlenecek davranışların önceden belirlenmesi ve bu yolla kazanımlara ilişkin gösterilmesi beklenen davranışların ve becerilerin olabildiğince gözden kaçırılmamasıdır.

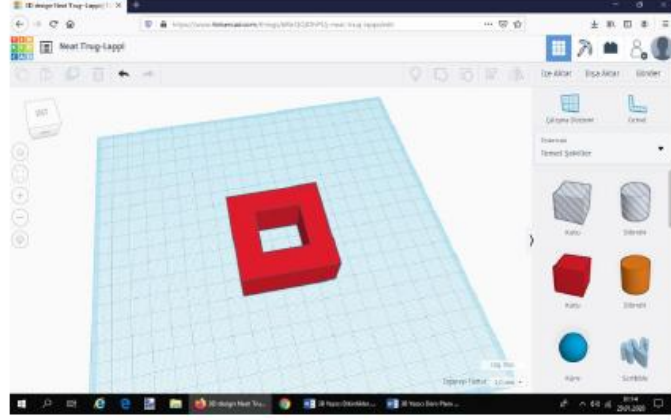
Buna göre Form 5 öğretmen tarafından doldurulur. Etkinliğin eksik yanları olduğu düşüncesi hâkim olursa telafisi yapıp etkinlik tekrarlanabilir ya da bir sonraki etkinlik için gerekli önlemler alınabilir.

YÖNERGE

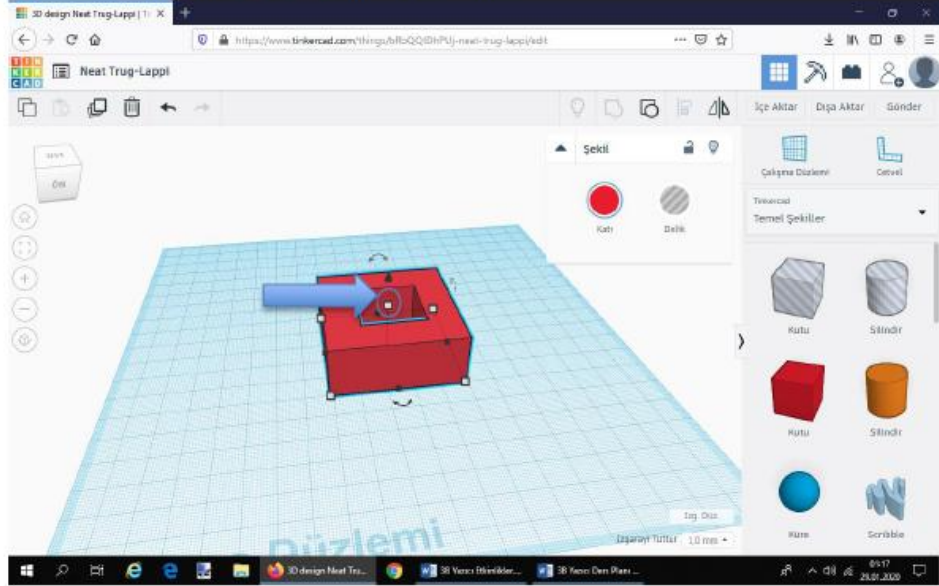
Öğretmeniniz sizin için örnek bir tasarım tasarladı, siz bu örnek tasarım yardımıyla uzunluğu 1, 2, 5, 10 cm olan bloklar oluşturacaksınız.

Bunun için aşağıdaki yönergeden faydalanabilirsiniz.

1. Adım: Ekrandaki bloğun yüksekliğini ayarlamak için önce üstüne tıklayınız.

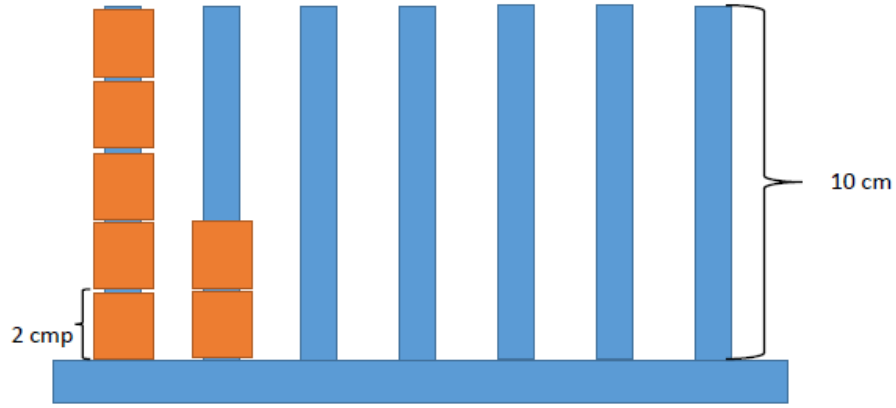


2. Adım: Tıkladıktan sonra okla da gösterilen bloğun üstündeki gri kısma basılı tutup yukarı doğru faremizi hareket ettirelim. İstenilen uzunluğa geldiğinde bırakıp projemizi kaydedelim. Gerisini öğretmen tamamlayacaktır.



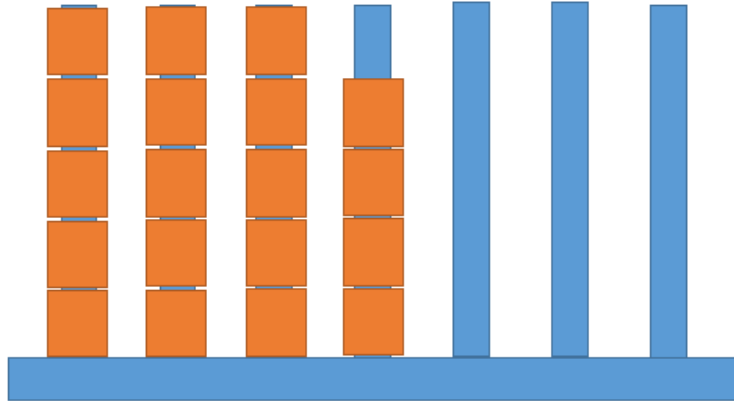
ÖĞRENCİ ÇALIŞMA SAYFASI

(1)



Örnek= Yukarıdaki modelleme abaküsünde bulunan turuncu blokların boyu 2 cm olduğundan 10 cm uzunluğunda bulunan abaküs platformuna 5 adet yerleştirilebilir. O halde 1 tam beşte 2 şeklinde modellemeyi yapabiliriz. $1\frac{2}{5}$

Sizde aşağıdaki abaküste modellenen kesri okunuşu ile beraber yazınız.



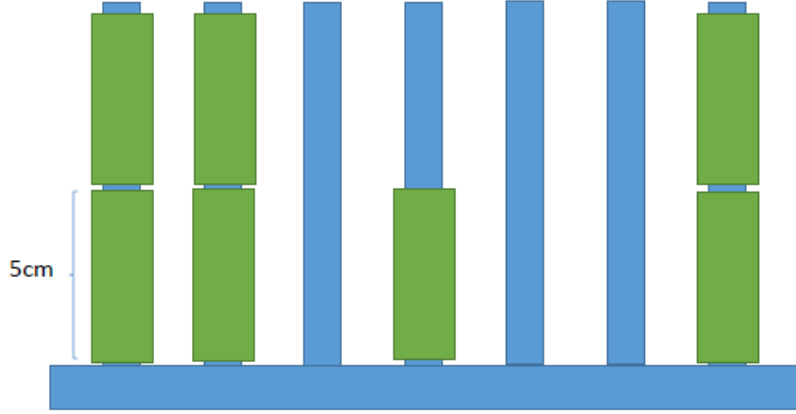
Kesir=.....Okunuşu=.....

Soru= 2 cm lik turuncu kesir bloklarından 8 adet daha ekleseydik kesir ve okunuşu nasıl olurdu?

Kesir=.....Okunuşu=.....

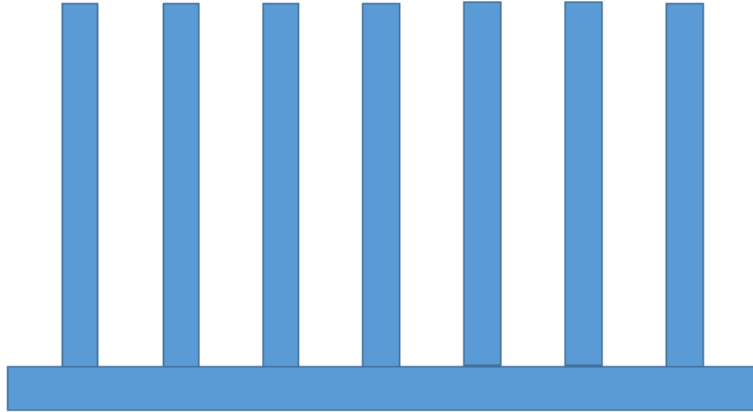
ÖĞRENCİ ÇALIŞMA SAYFASI

(2)



Kesir=.....Okunuşu=.....

Soru= Blokların abaküse yerleştirilme sırası kesir modellemesini değiştirir mi?

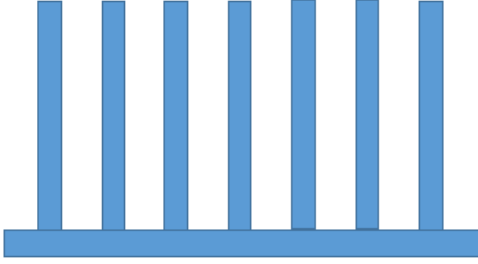


Yukarıdaki abaküse $5\frac{2}{10}$ kesrinin modellemesini çiziniz.

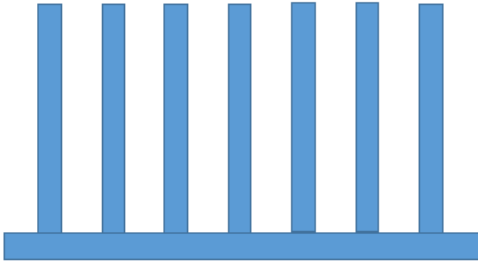
ÖĞRENCİ ÇALIŞMA SAYFASI

(3)

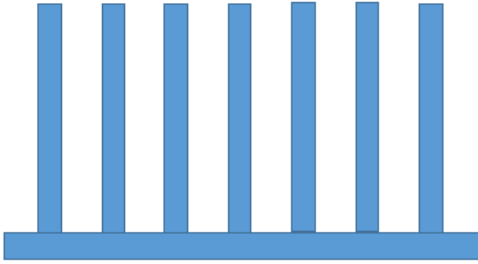
3B yazıcıdan çıktısını aldığınız blokları da kullanarak abaküste farklı modeller yapınız ve modellerinizi okunuşlarıyla beraber aşağıdaki forma çiziniz. Daha sonra rapor kısmına raporunuzu grupça yazınız.



Kesir=.....Okunuşu=.....



Kesir=.....Okunuşu=.....



Kesir=.....Okunuşu=.....

Rapor:

Ek 6. Veli Onam Formu

Sayın Veli;

Çocuğunuzun katılacağı bu çalışma, “4. Sınıf Kesirler Ünitesinin Öğretiminde 3B Yazıcıların Kullanımının Öğrencilerin Akademik Başarılarına Etkisi” adıyla, 03/02/2020 - 28/02/2020 tarihleri arasında yapılacak bir araştırma uygulamasıdır.

Araştırmanın Hedefi: İlkokul 4.sınıf Matematik derslerinin 3 Boyutlu yazıcılar kullanılarak işlenmesinin öğrencilerin akademik başarılarını ne yönde ve nasıl etkide bulunduğunu ortaya koymaktır.

Araştırma Uygulaması: Uygulama / Görüşme şeklindedir.

Bu araştırmayı Afyonkarahisar İl Millî Eğitim Müdürlüğünden almış olduğumuz resmi izinle yürütmekteyiz. Araştırmada 3 Boyutlu yazıcıların kullanılıp hazırlanan etkinlikler aracılığıyla çocuklarımızın matematik dersinde akademik başarılarının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Süreç Sınıf öğretmeni Burak Kaya'nın rehberliğinde yürütülecek olup Matematik dersi yıllık planında ulaşılması hedeflenen tüm kazanımlar yerine getirilecektir. Yani çocuklarımıza Matematik dersi yıllık planında yer alan herhangi bir konunun anlatılmaması ya da eksik bırakılması söz konusu olmayacak; aksine bu çalışma öğrencilerimizin “Ortaokul bitiminde uygulanan Liselere Giriş Sınavı’nda sorulan beceri temelli matematik sorularını yorumlama becerilerine de katkı sağlayacaktır. Uygulama sürecinde zaman zaman öğrencilerden farklı türlerde bilimsel veri toplanacak ve toplanan verilerin çözümlenmeleri yapılacaktır. Elde edilen veriler yalnızca bilimsel yayınlarda ve toplantılarda kullanılacak olup elde edilen verilerin başka bir amaçla kullanılması kesinlikle söz konusu olmayacaktır. İzin için açıklamaları okuyarak çocuğunuzun bu çalışmaya katılmasına gönüllü olarak destek verdiğinizize dair bu araştırma izin belgesini imzalamanız gerekmektedir.

Onay vermeden önce sormak istediğiniz herhangi bir konu varsa sormaktan çekinmeyiniz. Çalışma bittikten sonra bizlere telefon veya e-posta ile ulaşarak soru sorabilir, sonuçlar hakkında bilgi isteyebilirsiniz. Saygılarımızla,

Araştırmacı : Onur KAVAS
İletişim bilgileri: [REDACTED]

*Velisi bulunduğum 4/A sınıfı numaralı öğrencisi
.....'in yukarıda açıklanan araştırmaya katılmasına izin veriyorum.
(Lütfen formu imzaladıktan sonra çocuğunuzla okula geri gönderiniz*).*

.../.../.....

İmza:
Veli Adı-Soyadı :
Telefon Numarası :

Ek 7. Katılımcı Onam Formu

Sayın Katılımcımız;

Katılacağınız bu çalışma, “4. Sınıf Kesirler Ünitesinin Öğretiminde 3B Yazıcıların Kullanımının Öğrencilerin Akademik Başarılarına Etkisi” adıyla, Onur KAVAS tarafından 03/02/2020-28/02/2020 tarihleri arasında Sınıf öğretmeniniz Burak KAYA aracılığıyla yapılacak bir araştırma uygulamasıdır.

Araştırmanın Hedefi: İlkokul 4.sınıf Matematik derslerinin 3 Boyutlu yazıcılar kullanılarak işlenmesinin öğrencilerin akademik başarılarını ne yönde ve nasıl etkide bulunduğunu ortaya koymaktır.

Araştırmanın Nedeni: O Bilimsel araştırma ● Tez çalışması
Araştırmanın Yapılacağı Yer(ler): Afyonkarahisar, İhsaniye Atatürk İlkokulu
Araştırma Uygulaması: O Anket ● Görüşme
O Gözlem ● Akademik başarı testi

Araştırma T.C. Milli Eğitim Bakanlığı'nın ve okul/kurum yönetiminin izni ile gerçekleştirilmektedir. Araştırma uygulamasına katılım tamamıyla gönüllülük esasına dayalı olmaktadır. Çalışmada sizden kimlik belirleyici hiçbir bilgi istenmemektedir. Cevaplar tamamıyla gizli tutulacak ve sadece araştırmacılar tarafından değerlendirilecektir. Veriler sadece araştırmada kullanılacak ve üçüncü kişilerle paylaşılmayacaktır.

Uygulamalar, kişisel rahatsızlık verecek sorular ve durumlar içermemektedir. Ancak, katılım sırasında sorulardan ya da herhangi başka bir nedenden rahatsız hissederseniz cevaplama işini yarıda bırakabilirsiniz.

Katılımı onaylamadan önce sormak istediğiniz herhangi bir konu varsa sormaktan çekinmeyiniz. Çalışma bittikten sonra bizlere telefon veya e-posta ile ulaşılarak soru sorabilir, sonuçlar hakkında bilgi isteyebilirsiniz. Saygılarımızla,

Araştırmacı : Onur KAVAS
İletişim Bilgileri: [REDACTED]

Yukarıda bilgileri bulunan araştırmaya katılmayı kabul ediyorum.

...../...../.....

İmza:
Katılımcı Adı-Soyadı :

Ek 8. Deneysel Çalışma İzin Formu

Ek 9. İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nün Araştırma İzni Onay Yazısı

Ek 10. Afyonkarahisar Valiliği'nin Araştırma İzni Olur Yazısı

ÖZGEÇMİŞ