



**SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETİMİNDE 3D YAZICI
KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN MOTİVASYON,
TUTUM VE BAŞARILARINA ETKİSİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Emre EKSERİN

Kütahya-2022

T.C.
KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETİMİNDE 3D YAZICI
KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN MOTİVASYON,
TUTUM VE BAŞARILARINA ETKİSİ**

Danışman:
Dr. Öğr. Üyesi Hafize ER TÜRKÜRESİN

Hazırlayan:
Emre EKSERİN

Kütahya-2022

Kabul ve Onay

Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Ana bilim dalında, 201981301108 öğrenci numaralı, Emre EKSERİN'in hazırlamış olduğu "SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETİMİNDE 3D YAZICI KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN MOTİVASYON, TUTUM VE BAŞARILARINA ETKİSİ" başlıklı yüksek lisans tez çalışması ile ilgili tez savunma sınavı jüri tarafından yapılmış ve adayın tezinin OY BİRLİĞİ ile kabul edilmesine karar verilmiştir.

22/12/2022

Tez Jürisi	İmza	
	Kabul	Red
Dr. Öğr. Üyesi Hafize ER TÜRKÜRESİN (Danışman)		
Doç. Dr. İbrahim SARI		
Dr. Öğr. Üyesi Sercan BURSA		

Doç. Dr. Arif KOLAY

Enstitü Müdürü

Bilimsel Etik Bildirimi

Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım “*Sosyal Bilgiler Öğretiminde 3D Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Motivasyon, Tutum ve Başarılarına Etkisi*” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

22/12/2022

Emre EKSERİN

Öz Geçmiş

Araştırmacı ilkokul, ortaokul ve liseyi Manisa Merkez'de okudu. Lisans öğrenimini 2019 yılında Uşak Üniversitesi Sosyal Bilgiler Öğretmenliği Bölümünde tamamladı. Aynı yıl içerisinde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilgiler Eğitimi Tezli Yüksek Lisans Bölümünde öğrenime başladı. Öğrenimi sırasında ortak şekilde yürütülen "Eğitim Fakültesi Öğrencilerinin KPSS Sınav Kaygıları İle Tükenmişlik Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi" adında bir bildiri sundu. Tez çalışması için internet tabanlı üç boyutlu tasarım ve yazdırma kurslarına katıldı. Bu doğrultuda "Sosyal Bilgiler Öğretiminde 3D Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Motivasyon, Tutum ve Başarılarına Etkisi" isimli yüksek lisans tezini tamamladı.



ÖZET

SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETİMİNDE 3D YAZICI KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN MOTİVASYON, TUTUM VE BAŞARILARINA ETKİSİ

EKSERİN, Emre

Yüksek Lisans Tezi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hafize ER TÜRKÜRESİN

Aralık, 2022, 219 sayfa

Bu araştırmada, sosyal bilgiler öğretiminde üç boyutlu yazıcı kullanımının beşinci sınıf öğrencilerinin motivasyon, tutum ve başarılarına olan etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden biri olan ön-test son-test eşleştirilmiş kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu Kütahya il merkezindeki bir devlet okulunda bulunan elli iki öğrenci oluşturmaktadır. Çalışmada kontrol grubu (N=26) ve deney grubu (N=26) belirlenmiştir. Araştırma uygulamaları, 2022-2023 eğitim-öğretim yılı beşinci sınıf sosyal bilgiler dersinde “Kültür ve Miras” öğrenme alanında bulunan “Geçmiş Yolculuk” ünitesinde dört hafta ve on ders saati içinde tamamlanmıştır. Araştırmanın verileri Tahiroğlu ve Aktepe (2015) tarafından geliştirilen "4. Ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği", Çetinkaya ve Hatay Uçar (2019) tarafından geliştirilen "Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği" ve araştırmacı tarafından oluşturulan "İlkçağ Uygarlıkları Konusu Başarı Testi" kullanılarak toplanmıştır. Elde edilen verilerin analizinde betimsel istatistiklerden ve Mann-Whitney U testinden yararlanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, üç boyutlu yazıcıdan elde edilen öğretim materyallerinin sosyal bilgiler dersinde kullanılmasının, ortaokul beşinci sınıf düzeyinde öğrenim gören öğrencilerin derse yönelik motivasyon ve başarıları üzerinde anlamlı düzeyde olumlu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin tutum puanları ise uygulama sonucunda olumlu yönde artış gösterse de bu artış anlamlı düzeyde değildir.

Anahtar Kelimeler: Başarı, Motivasyon, Sosyal Bilgiler Öğretimi, Tutum, Üç Boyutlu

Yazıcı

ABSTRACT**THE EFFECT OF USING 3D PRINTER IN SOCIAL STUDIES EDUCATION
ON STUDENTS' MOTIVATION, ATTITUDE AND SUCCESS****EKSERİN, Emre****Master Thesis, Department of Turkish and Social Sciences Education****Supervisor: Asst. Prof. Hafize ER TÜRKÜRESİN****December, 2022, 219 pages**

In this study, it was aimed to determine the effect of using three dimensional printers in social studies teaching on the motivation, attitude and success of fifth grade students. The research was carried out using a quasi-experimental design with pre-test post-test paired control group design, which is one of the quantitative research methods. The study group of the research consists of fifty two students in a public school in the city center of Kütahya. Control group (N=26) and experimental group (N=26) were determined in the study. Research applications were completed in four weeks and ten course hours in the "Journey to the Past" unit in the "Culture and Heritage" learning area in the fifth grade social studies course of the 2022-2023 academic year. The data of the research were collected using the "*4th and 5th Grade Social Studies Course Motivation Scale*" developed by Tahiroğlu and Aktepe (2015), the "*Social Studies Course Attitude Scale*" developed by Çetinkaya and Hatay Uçar (2019) and the "*Ancient Civilizations Achievement Test*" created by the researcher. In the analysis of the data obtained, descriptive statistics and Mann-Whitney U test were used. According to the results of the analysis, it has been determined that the use of the teaching materials obtained from the three dimensional printer in the social studies course has a significant positive effect on the motivation and success of the students studying at the fifth grade level of secondary school. Although the students' attitude scores increased positively as a result of the application, this increase was not at a significant level.

Keywords: Attitude, Motivation, Social Studies Teaching, Success, Three Dimensional Printer

ÖN SÖZ

Teknoloji her geçen gün gelişim göstermektedir. Yaşanan gelişimlere bağlı olarak gündelik hayatı kolaylaştıran yeni teknolojik araçlar ortaya çıkmaktadır. Söz konusu araçlar, teknolojinin derinden etkilediği birçok alanda yoğun şekilde kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmeleri yakından takip eden alanların başında olan eğitim, yaşanan gelişmelere uyum sağlamak adına güncel teknolojik araçları öğrenme ortamına entegre etmeye çalışmaktadır. Son zamanlarda öğrenme ortamlarına dâhil edilmeye çalışılan teknolojilerden biri üç boyutlu yazıcıdır. Aslında modern anlamda kırk yıla yakın bir süredir varlığını sürdüren üç boyutlu yazıcı teknolojisi son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Hem göstermiş olduğu gelişim hem de ulaşılabilirliğin ekonomik olarak kolaylaşması sayesinde, üç boyutlu yazıcının kullanıldığı alanlar gün geçtikçe çeşitlenmiştir. Günümüzde üç boyutlu yazıcının etkili şekilde kullanıldığı alanlar arasında eğitim de yer almaktadır. Bu nedenlerden dolayı, son zamanlarda dikkatleri üzerine çeken üç boyutlu yazıcı teknolojisinin öğrenme ortamına etkili şekilde entegre edilmesini desteklemek adına bu araştırma gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmanın ilgili literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Tez çalışmam boyunca bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana yol gösteren ve beni sürekli destekleyen değerli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Hafize ER TÜRKÜRESİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca uygulama sürecindeki yardımlarından dolayı Sosyal Bilgiler Öğretmeni sayın Kerem TÜRKÜRESİN'e ve Ahteri İmam Hatip Ortaokulu Müdürü sayın Ahmet ŞENER'e teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her anında olduğu gibi yüksek lisans eğitimim süresince de bana güvenip beni destekleyen değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
GÖRSELLER LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. PROBLEM DURUMU	6
1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI.....	9
1.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ.....	10
1.4. SAYILTIAR.....	12
1.5. SINIRLILIKLAR.....	12
1.6. TANIMLAR	12

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICI NEDİR?	15
2.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ TARİHSEL GELİŞİMİ.....	17
2.3. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ ÜRETİM SÜRECİ.....	20
2.4. ÜÇ BOYUTLU YAZICI ÇEŞİTLERİ.....	23
2.4.1. Vat Photopolymerization	24
2.4.2. Powder Bed Fusion.....	25
2.4.3. Binder Jetting.....	26
2.4.4. Material Extrusion	27
2.4.5. Sheet Lamination	29
2.4.6. Directed Energy Deposition.....	30
2.4.7. Material Jetting	31
2.5. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ AVANTAJLARI	32
2.6. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ DEZAVANTAJLARI	35

2.7. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ EĞİTİM ALANINDAKİ AVANTAJLARI.....	37
2.8. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ EĞİTİM ALANINDAKİ DEZAVANTAJLARI	40
2.9. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ KULLANIM ALANLARI.....	41
2.10. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ EĞİTİM ALANINDA KULLANIMI	61
2.11. EĞİTİM ALANINDA ÜÇ BOYUTLU YAZICI KULLANIMI İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	67
2.12. ÜÇ BOYUTLU YAZICI VE SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETİMİ	80

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMANIN MODELİ	92
3.2. EVREN VE ÖRNEKLEM	93
3.3. VERİ TOPLAMA ARAÇ VE TEKNİKLERİ	95
3.3.1. 4. ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği.....	96
3.3.2. Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği.....	97
3.3.3. İlkçağ Uygarlıkları Konusu Başarı Testi	97
3.3.3.1. Konunun Belirlenmesi.....	97
3.3.3.2. Konunun Analiz Edilmesi	98
3.3.3.3. Madde Havuzunun Oluşturulması.....	100
3.3.3.4. Uzman Görüşü Alınması.....	100
3.3.3.5. Testin Uygulanması Ve Analizi	100
3.3.3.5.1. Madde Güçlük İndeksi	101
3.3.3.5.2. Madde Ayırt Edicilik İndeksi.....	101
3.3.3.5.3. Güvenirlilik Analizi.....	102
3.3.4. Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilen Öğretim Materyalleri	105
3.4. VERİLERİN TOPLANMASI	110
3.5. VERİLERİN ANALİZİ	111

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

4.1. SOSYAL BİLGİLER DERSİNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICI KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN DERSE YÖNELİK MOTİVASYONLARINA ETKİSİ.....	113
---	------------

4.2. SOSYAL BİLGİLER DERSİNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICI KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN DERSE YÖNELİK TUTUMLARINA ETKİSİ.....	114
4.3. SOSYAL BİLGİLER DERSİNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICI KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN DERSE YÖNELİK BAŞARILARINA ETKİSİ.....	115
4.4. HİPOTEZ SONUÇLARI	116

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇ.....	119
5.2. TARTIŞMA	120
5.3. ÖNERİLER	124
EKLER.....	125
KAYNAKÇA	158
DİZİN	200

TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1: Ön-Test Son-Test Eşleştirilmiş Kontrol Gruplu Desen	93
Tablo 3.2: Madde Güçlük İndeksi Değerleri.....	101
Tablo 3.3: Madde Ayırt Edicilik İndeksi Değerleri	102
Tablo 3.4: KR-20 Güvenirlilik Katsayısı ve Ölçütleri	103
Tablo 3.5: Madde Analizi Sonuçları	103
Tablo 3.6: Madde Güçlük Değerlerine Göre Nihai Testteki Maddelerin Dağılımı	104
Tablo 3.7: Başarı Testi Madde İstatistiklerine Yönelik Bulgular	104
Tablo 3.8: Araştırmada Kullanılmak Üzere Üretilmiş Olan Öğretim Materyalleri	106
Tablo 4.1: Öğrencilerin Ön-Test Motivasyon Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları.....	113
Tablo 4.2: Öğrencilerin Son-Test Motivasyon Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları.....	113
Tablo 4.3: Öğrencilerin Ön-Test Tutum Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları.....	114
Tablo 4.4: Öğrencilerin Son-Test Tutum Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları.....	115
Tablo 4.5: Öğrencilerin Ön-Test Başarı Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları.....	115
Tablo 4.6: Öğrencilerin Son-Test Başarı Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları.....	116
Tablo 4.7: Hipotez Sonuçları	117

ŞEKİLLER LİSTESİ**Sayfa**

Şekil 3.1: İlkçağ Uygarlıkları Konusuna Ait Özellik ve Eserler	99
---	----



GÖRSELLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Görsel 2.1: Kartezyen Tipi Üç Boyutlu Yazıcı	17
Görsel 2.2: Charles Hull Tarafından İcat Edilen İlk Üç Boyutlu Yazıcı “SLA-1”	19
Görsel 2.3: Üç Boyutlu Yazıcının Üretim Süreci	23
Görsel 2.4: Vat Photopolymerization Tekniğinin Çalışma Prensibi	25
Görsel 2.5: Powder Bed Fusion Tekniğinin Çalışma Prensibi.....	26
Görsel 2.6: Binder Jetting Tekniğinin Çalışma Prensibi.....	27
Görsel 2.7: Material Extrusion Tekniğinin Çalışma Prensibi	28
Görsel 2.8: Sheet Lamination Tekniğinin Çalışma Prensibi	30
Görsel 2.9: Directed Energy Deposition Tekniğinin Çalışma Prensibi	31
Görsel 2.10: Material Jetting Tekniğinin Çalışma Prensibi	32
Görsel 2.11: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Plastik Dişli Prototipi.....	42
Görsel 2.12: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Protez El.....	43
Görsel 2.13: "Terran 1" İsimli Roketin Üç Boyutlu Yazdırılma Aşaması.....	45
Görsel 2.14: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan İlk Araba "Strati"	47
Görsel 2.15: İçindeki Üç Boyutlu Yazıcılarla Askeri Üretim ve Onarıma Olanak Tanıyan "Expeditionary Lab-Mobile" İsimli Konteyner.....	49
Görsel 2.16: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Jet Motoru Prototipi	50
Görsel 2.17: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Duvar Prototipi	50
Görsel 2.18: Winsun Tarafından Üretilen İlk Üç Boyutlu Baskılı Ev	52
Görsel 2.19: Ziyaretçilerin Dokunmasına İzin Verilen Üç Boyutlu Baskılı Yazıt	53
Görsel 2.20: Nike Tarafından Üç Boyutlu Baskı İle Üretilen "Vapor Laser Talon" İsimli Spor Ayakkabı.....	55
Görsel 2.21: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Takı	56
Görsel 2.22: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Sandalye.....	57
Görsel 2.23: Üç Boyutlu Baskı Entegreli Kazak.....	59
Görsel 2.24: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Gıda Ürünleri	60
Görsel 3.1: Madde Güçlük İndeksi Formülü.....	101
Görsel 3.2: Madde Ayırt Edicilik İndeksi Formülü	102
Görsel 3.3: Tinkercad'de Tasarımı Tamamlanmış Olan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali.....	106
Görsel 3.4: Yazdırma İşlemi Devam Eden "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali	107

Görsel 3.5: Yazdırma İşlemi Tamamlanmış ve Destek Yapıları Temizlenmiş Olan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali.....	108
Görsel 3.6: Üzerine Sprey Astar Uygulanan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali.....	108
Görsel 3.7: Boyama İşlemi Devam Eden "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali.....	109
Görsel 3.8: Üzerine Sprey Vernik Uygulanan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali ..	109
Görsel 3.9: Üç Boyutlu Yazıcıdan Üretilmiş ve Fiziksel Düzenlemeleri Tamamlanmış Olan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali	110
Görsel 3.10: Deney Grubundaki Veri Toplama Sürecinde Kullanılan "Fibula" İsimli Öğretim Materyali	111



SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADAM	Atomic Diffusion Additive Manufacturing
a_j	Madde Ayırt Edicilik İndeksi
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CDLP	Continuous Digital Light Processing
DLP	Digital Light Processing
DMLS	Direct Metal Laser Sintering
EBAM	Electron Beam Additive Manufacturing
EBM	Electron Beam Melting
FDM	Fused Deposition Modelling
FeTeMM	Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik
FFF	Fused Filament Fabrication
G-Kodu	Geometrik Kod
H	Hipotez
KR-20	Kuder-Richardson 20
LENS	Laser Engineered Net Shaping
LOM	Laminated Object Manufacturing
M	Madde
MEB	Millî Eğitim Bakanlığı
MJF	Multi Jet Fusion
MJP	MultiJet Printing
N	Araştırmaya Katılan Öğrenci Sayısı
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OBJ	Wavefront .obj File

p	Anlamlılık Düzeyi
p_j	Madde Güçlük İndeksi
PLA	Polilaktik Asit
RepRap	Replicating Rapid Prototyper
SD Kart	Secure Digital Memory Card
SLA	Stereolithography Apparatus
SLM	Selective Laser Melting
SLS	Selective Laser Sintering
SPJ	Single Pass Jetting
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SSO	Sıra Sayıları Ortalaması
SST	Sıra Sayıları Toplamı
STEAM	Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics
STL	Standard Triangle Language
SVG	Scalable Vector Graphics
TV	Televizyon
T1	Ön ve Son Testler
U	Mann-Whitney U
UAM	Ultrasonic Additive Manufacturing
WAAM	Wire Arc Additive Manufacturing
3DP	Three-Dimensional Printing
3MF	3D Manufacturing Format
%	Yüzde



TEZ METNİ



BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda pek çok alan hızlı ve köklü bir şekilde gelişim göstermektedir. Gündelik yaşamı etkileyen ve ona yön veren söz konusu gelişmelerin meydana geldiği alanlardan biri teknolojidir. Tarihsel süreç boyunca insanoğlunun ihtiyaçları doğrultusunda sürekli gelişerek yaşamın vazgeçilmez bir parçası hâline gelen teknoloji, günümüzde birçok yenilikle karşımıza çıkmaktadır (Renu, 2021). Toplular, yaşam standartlarını arttıran ve hayatı kolaylaştıran bu yeniliklere çok hızlı bir şekilde uyum sağlamaktadır. Zamana göre değişiklik gösteren teknolojik yenilikler günümüzde oldukça çeşitli bir hâl almıştır. Bu yeniliklerden biri de üç boyutlu yazıcıdır. Yaşantımızı derinden etkileyecek bir potansiyele sahip olan üç boyutlu yazıcı teknolojisi, son yıllarda adından sıklıkla bahsettiren güncel yenilikler arasında bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar, önümüzdeki yıllarda üç boyutlu yazıcı kullanımının yaygın bir hâle geleceğini ve bu teknolojiye yönelik gerçekleştirilen çalışmaların artacağını göstermektedir (Johnson, vd., 2014).

Üç boyutlu yazıcı, bilgisayar ortamında çeşitli programlar aracılığıyla ya da üç boyutlu tarama yöntemiyle oluşturulan dijital tasarımları gerçek fiziksel nesnelere dönüştüren bir baskı teknolojisidir (Petrick ve Simpson, 2013). Bu teknoloji, çeşitli alanlarda insanlığı heyecanlandıran ve geleceğe dair umut ışığı olan çalışmaların hayata geçirilmesine olanak tanıyarak son zamanlarda tüm dikkatleri üzerine çekmiştir. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcı ile ilgili yapılan haber sayısı ve bu teknolojinin çevresinde yürütülen çalışma sayısı gün geçtikçe artmıştır. Yaşanan gelişmeler, üç boyutlu yazıcının varlığından haberdar olmayan birçok kişinin bu teknolojiyi yeni bir buluş olarak algılamasına neden olmuştur. Oysa modern anlamdaki ilk üç boyutlu yazıcı 1984 yılında icat edilmiş ve kısa bir zaman zarfında önemli gelişmeler göstererek günümüze ulaşmıştır (Kurhe, vd., 2021). Görüldüğü üzere üç boyutlu yazıcı, sanıldığı gibi yeni bir teknoloji değildir.

Yaklaşık kırk yıllık bir geçmişe sahip olan üç boyutlu yazıcı teknolojisi, kendisinden yalnızca birkaç sene önce icat edilen mürekkep püskürtmeli yazıcıyla aynı çalışma anlayışına sahiptir (Groth, vd., 2014). Üç boyutlu yazıcının daha fazla çalışma eksenine sahip olması, bu iki türü birbirinden ayıran en önemli farklılıktır. Mürekkep püskürtmeli yazıcı, iki nokta arasında hareket ederek baskı işlemini tamamlamaktadır. Üç boyutlu yazıcı ise baskı sırasında üçüncü noktayı da aktif hâle getirerek üretim yapmaktadır. Sahip olduğu çalışma mantığı doğrultusunda aşağıdan yukarıya doğru üst üste yığınlar oluşturan bu teknoloji, katman katman biriktirme işlemiyle üç boyutlu

nesneler üretmektedir. Söz konusu teknoloji bu yönüyle geleneksel üretim yöntemlerinden de kesin bir şekilde ayrılmaktadır (Highfield, 2013). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, ortaya çıktığı günden itibaren sürekli bir devinim içinde olarak gelişimini sürdürmüştür. Bu gelişim sayesinde farklı özelliklere sahip yeni modeller ortaya çıkmış ve çeşitlilik sağlanmıştır. Örneğin günümüzde en çok bilinen ve yaygın şekilde kullanılan Selective Laser Sintering (SLS), Fused Deposition Modelling (FDM) ve Three Dimensional Printing (3DP) teknikleri, modern anlamdaki ilk üç boyutlu yazıcı olan Stereolithography (SLA)'nın ortaya çıkmasından kısa bir süre sonra geliştirilmiştir (Gibson, vd., 2021). Söz konusu teknikler, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin temelini oluşturmakta ve hem bireysel hem de endüstriyel üretim amacıyla kullanılmaktadır. Bu teknikler baskı sırasında uyguladıkları üretim yöntemleri, tercih ettikleri ham maddeler ve kullandıkları çalışma alanları bakımından birbirinden farklılaşmaktadırlar. Bunların dışında geliştirilmiş olan birçok teknik daha vardır.

Her teknolojik araç gibi, farklı özelliklere sahip çeşitli modellerden oluşan üç boyutlu yazıcı teknolojisinin de kullanıcılara sağlamış olduğu birtakım avantajlar mevcuttur. Bu teknoloji üretim faaliyetlerini tek başına yürütebildiği için, iş gücüne ayrılması gereken maliyetten tasarruf sağlamaktadır. Üretim sürecini hızlı ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirdiğinden, depolama işlemine duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmaktadır. Bu sayede üreticiler, ürünlerin depolanması için ayrılan maliyet yükünden kurtulmaktadır. Sahip olduğu geometrik esneklik özelliği sayesinde, karmaşık yapıya sahip olan nesneleri kolaylıkla yazdırmakta ve kişiye özel üretimler gerçekleştirmektedir. Prototip oluşturarak ürün hakkında ön bilgi sağlamaktadır. Üretim sırasında kullanabileceği ham maddeler çeşitlidir. Bulunduğu her konumda üretim yaparak taşımacılığa duyulan ihtiyacı azaltmakta ve bu faaliyetin giderlerini en aza indirmektedir. Böylece karbon ayak izinin yükselmesini önleyerek doğanın korunmasına yardımcı olmaktadır. Enerji tasarrufu sağlamaktadır. İşlem sonrasında çok az atık bırakmaktadır (Attaran, 2017; Bhushan ve Caspers, 2017; Frazier, 2014; Huang, vd., 2013; Javaid, vd., 2021; Kunovjanek, Knofius ve Reiner, 2022; Lee, vd., 2017; Mani, Lyons ve Gupta, 2014; Perkins ve Skitmore, 2015; Pfähler, Morar ve Kemper, 2019; Pîrjan ve Petroşanu, 2013). Bunlar, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanıcılara sağlamış olduğu en belirgin avantajlardır. Söz konusu avantajlar, bu teknolojiyi çekici hâle getirmekte ve kullanımını arttırmaktadır.

İlk zamanlarda taşınmasını zorlaştıran ve herhangi bir yerde kurulmasının önündeki en büyük engel olan boyutu (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015), üretim için gerekli olan ham madde çeşidinin yetersizliği (Sirichakwal ve Conner, 2016) ve bu doğrultuda kaçınılmaz olarak hem yazıcı hem de ham madde fiyatlarının pahalılığı (Rayna ve Striukova, 2016), bu teknolojinin kullanımının yaygınlaşmasını önlemiştir. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcının kullanımı, uzun süre boyunca endüstriyel üretim ile sınırlı kalmıştır (De Jong ve De Bruijn, 2013). Söz konusu olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla üç boyutlu yazıcıya yönelik çeşitli çalışma ve projeler gerçekleştirilmiştir (Stemp-Morlock, 2010). Bunun sonucunda birbirinden farklı özelliklere sahip çeşitli modeller üretilmiştir (Shahrubudin, Lee ve Ramlan, 2019). Yeni yazıcılar her yere taşınabilecek ve her yerde üretim yapabilecek boyutlarda tasarlanmıştır (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015). Ham madde çeşitliliği arttırılmıştır (Ventola, 2014). Yeni nesil yazıcı ve ham maddelerin piyasaya sunulmasıyla birlikte fiyatlarda düşüşler yaşanmıştır (Thomas, 2016). Bu teknoloji her geçen gün biraz daha tanınır hâle gelerek endüstri sektörü dışında da kullanılmaya başlanmış ve günümüzde oldukça popüler bir konuma ulaşmıştır (Ishengoma ve Mtaho, 2014). Üç boyutlu yazıcı hâlihazırda sağlıktan tekstile, gıdadan mimarlığa çeşitli çalışma alanları tarafından etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Vaish ve Vaish, 2018). Öte yandan kişisel kullanıma uygun masaüstü yazıcıların geliştirilmesi ve uygun fiyatlardan satışa sunulması ile birlikte bireysel kullanıcılar da bu teknolojiyi hızlı bir şekilde benimsemeye başlamışlardır (Nielson, 2015). Geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşarak evlere kadar giren bu teknolojinin kişisel üretime olanak tanınması, eğitim alanında kullanılabilirliğini gündeme getirmiştir (Eisenberg, 2013). Bireysel kullanıcılar arasında yer alan eğitimciler, üç boyutlu yazıcıyı öğretim aracı olarak kabul etmişlerdir (Barreto, vd., 2022). Böylelikle eğitim de üç boyutlu yazıcının kullanıldığı alanlara dâhil olmuş ve öğrenme ortamlarında yer almaya başlamıştır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, öğrenme sürecinde birçok alanda kullanılmaktadır (Canessa, 2013). Günümüzde bu teknoloji; matematik, geometri (Ng ve Ye, 2022), fen (Byun, Jo ve Cho, 2015), biyoloji (Hansen, vd., 2020), kimya (Jones ve Spencer, 2018), tıp (O'Brien, vd., 2016), robotik (Armesto, Fuentes-Durâ ve Perry, 2016), mühendislik (Martin, Bowden ve Merrill, 2014), mimarlık (Boumaraf ve İncoğlu, 2020), teknoloji (Chien, 2017), tasarım (Greenhalgh, 2016), sanat (Menano, vd., 2019), tarih (Maloy, vd., 2017), coğrafya (Hofierka, vd., 2022) ve jeoloji (Horowitz ve Schultz, 2014) gibi eğitim alanlarında kullanılan öğretim araçları arasında yer almaktadır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanıldığı bir başka eğitim alanı da sosyal bilgilerdir. Sosyal bilgiler dersi, konularının genelinin geçmiş zamana dayanması ve soyut bir nitelik taşıması nedeniyle öğrenciler tarafından zor bulunmakta ve sıkıcı bir ezber dersi gibi algılanmaktadır (Değirmenci, 2019). Bu nedenle öğrenciler, öğrenme süreci içinde bunalarak derse karşı olumsuz tutumlar geliştirmektedirler (Göksu, 2020). Onların eğlenerek öğrenmelerini sağlamak ve bu sayede derse yönelik geliştirdikleri olumsuz tutumları tersine çevirebilmek için, zorlandıkları noktalarda kolaylaştırıcı önlemlerin alınması gerekmektedir. Soyut konuların somutlaştırılmasında genellikle çeşitli öğretim materyallerinden yararlanılmaktadır (Ayaydın ve Aktaş, 2020). Ancak çoğu zaman konuya uygun öğretim materyali bulunamamaktadır (Ulusoy ve Gülüm, 2009). Bu durumda öğretmenler kitapta yer alan görsellere ve internetten konuyla ilgili videolara başvurmaktadırlar (Atıla ve Sözbilir, 2016; Tağ Kalafatoğlu, 2019). Ancak bu işlem de tek başına yeterli olmamaktadır (Kumtepe, vd., 2017). Öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmak adına birçok duyu organını harekete geçirecek, onunla etkileşime girerek detaylı incelemeler yapabilecek öğretim materyallerinin kullanılması gerekmektedir (Kızılaslan, vd., 2020). Geleneksel yöntemlerle her konuya ait öğretim materyalinin hazırlanması oldukça zordur. Ayrıca öğrenme sürecinde zamandan kazanmak adına aynı materyalin birkaç defa üretilmesi de neredeyse imkânsızdır (Yanpar Yelken, 2009). Üç boyutlu yazıcı tam da bu noktada, sosyal bilgiler dersinde kullanılabilecek bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknoloji öğrenme sürecinde kullanılmak istenen öğretim materyallerini kısa bir süre içinde kolaylıkla üretmektedir (Karaduman, 2017). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, eğlenceli bir öğrenme ortamı oluşturulmasında ve sosyal bilgilerin öğrenciler tarafından sevilen bir ders hâline getirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir (Eisenberg, 2013). Görüldüğü üzere üç boyutlu yazıcı teknolojisi sağlamış olduğu faydalardan dolayı, sosyal bilgiler de dâhil olmak üzere birçok eğitim alanında etkili olarak kullanılmaktadır. Ancak bu teknolojinin eğitimde kullanımı yeteri kadar yaygın değildir. Çünkü üç boyutlu yazıcının eğitimciler tarafından öğretim aracı olarak kabul edilmesi henüz yeni bir olaydır. Bu nedenle çoğu okulda üç boyutlu yazıcı yer almamakla birlikte, çoğu öğretmen de bu teknolojiyi nasıl kullanacağını bilmemektedir (Aslan, Durukan ve Batman, 2021). Ancak ilerleyen zamanlarda öğretmenlerin bu teknolojiyi etkin bir şekilde kullanmaya başlamasıyla birlikte, üç boyutlu yazıcının eğitim alanında kullanımı yaygınlaşacak ve bu alan için vazgeçilmez bir teknolojik araç hâline gelecektir.

1.1. PROBLEM DURUMU

Sosyal bilgiler; tarih, coğrafya ve vatandaşlık başta olmak üzere içeriğinde çok farklı disiplinleri barındıran bir mihver derstir. Bu özelliğinden dolayı sosyal bilgiler dersi, çeşitli disiplinlere ait olan birçok konunun bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Yılar ve Tağrikulu, 2020). Sosyal bilgiler dersinin içeriğinde yer alan konuların büyük bir çoğunluğu soyuttur (Yeşiltaş ve Cevher, 2018). Öğrenciler genellikle soyut konuları anlama ve öğrenme aşamasında zorluk yaşamaktadırlar. Bu yüzden son çare olarak ders kitabında yer alan bilgileri ezberlemeye çalışmakta ve dolayısıyla sosyal bilgiler dersini sıkıcı bir ezber dersi olarak tanımlamaktadırlar (Ilgaz, Aslan ve Örtten, 2020). Üstelik öğrenciler, ezber yoluyla öğrendikleri bilgilerin büyük çoğunluğunu da belli bir süre sonra unutmaktadır (Değirmenci, 2019). Öğrencilerin öğrenmelerine yardımcı olmak ve olumsuz düşüncelerini ortadan kaldırmak adına sosyal bilgiler dersinin içeriğinde yer alan soyut konuların somutlaştırılması gerekmektedir (Sever, 2020). Teknolojik araçların kullanımı, bu aşamada en çok başvurulan yollardan biridir. Öğretmenler teknolojik araçlar vasıtasıyla soyut konuları etkili bir şekilde somutlaştırmaktadırlar (Doğru ve Aydın, 2018). Somutlaştırma işlemi, konuları daha anlaşılır hâle getirmektedir. Zor ve karmaşık konuların öğrenilmesini kolaylaştırmaktadır (Koçoğlu, 2017). Birden fazla duyu organını harekete geçirerek kalıcı ve anlamlı öğrenmelerin gerçekleşmesini sağlamaktadır (Katrancı ve Uygun, 2013). Dersi ilgi çekici ve eğlenceli kılarak öğrencilerin öğrenme sürecinde aktif şekilde yer almasını desteklemektedir (Elvan ve Mutlubaş, 2020). Bundan dolayı teknolojik araçlar yardımıyla sosyal bilgiler dersinde yer alan soyut konuların somutlaştırılması gerekmektedir. Günümüzde bu amaç doğrultusunda sosyal bilgiler öğretiminde en çok kullanılan teknolojik araçlar televizyon, projeksiyon, tablet, bilgisayar, internet ve akıllı tahtadır (Örtten, Keskin ve Ekici, 2017). Teknolojide yaşanan gelişmeler sonucunda sosyal bilgiler öğretiminde kullanılabilecek yeni teknolojik araçlar ortaya çıkmaktadır (Güven, 2022).

Üç boyutlu yazıcı, sosyal bilgiler dersindeki soyut konuların somutlaştırılması amacıyla kullanılan en yeni teknolojik araçlardan biridir. Bu teknolojinin sahip olduğu geometrik özgürlük özelliği sayesinde, kullanıcılar akıllarından geçen her şeyi yazdırabilmektedir. Bunun için sadece hayal edilen nesnenin tasarlanması gerekmektedir (Gibson, Rosen ve Stucker, 2015). Böylece tarih ve coğrafya başta olmak üzere tüm soyut konular görselleştirilerek öğrenciler için somut, anlaşılır ve ilgi çekici hâle getirilebilir (Blikstein, 2013). Ayrıca konular basite indirgenerek öğrenmeyi kolaylaştırmakta,

öğrencilerin dokunma duyusunu harekete geçirerek detaylı incelemeler yapmalarına imkân tanımaktadır (Horowitz ve Schultz, 2014; Smith ve Mader, 2017). Bu sayede öğrenme sürecine aktif katılımı destekleyerek kalıcı öğrenmelerin gerçekleşmesine yardımcı olmakta ve öğrenilen bilgilerin unutulmasını önlemektedir (Jaksic, 2015).

Üç boyutlu yazıcının eğitim alanında kullanımı yavaş ve istikrarlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. Bu teknoloji, sosyal bilgiler de dâhil olmak üzere birçok disiplinin öğretiminde etkin olarak kullanılmaktadır. Kısa bir süre önce öğrenme ortamında kullanılabilecek teknolojik araçlar arasına giren üç boyutlu yazıcının, öğrenciler üzerinde oluşturduğu etkileri gözlemlemek adına farklı kademe ve disiplinlerde çeşitli araştırmalar yürütülmüştür. Bu araştırmaların cevap aradığı sorulardan biri, soyut konuların üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla somutlaştırılmasının öğrencilerin derse yönelik motivasyon, tutum ve başarıları üzerinde bir etkisinin olup olmadığıdır. Ancak yapılan literatür taraması sonucunda, sosyal bilgiler alanında boşluk olduğu görülmüştür. Bu nedenle yapılmış olan araştırmanın problem cümlesi, "Ortaokul beşinci sınıf sosyal bilgiler dersinde yer alan İlkçağ Uygarlıkları konusunun öğretimi sırasında, üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla elde edilen öğretim materyallerinin kullanımının öğrencilerin derse yönelik motivasyon, tutum ve başarıları üzerinde bir etkisi var mıdır?" şeklinde ifade edilmiştir. Bu problemin çözümünde aşağıda belirtilen alt problemlerden yararlanılmıştır.

Alt Problemler

1. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik motivasyon ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
2. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik motivasyon son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
3. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik tutum ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
4. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik tutum son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
5. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik akademik başarı ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?
6. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik akademik başarı son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

Problem ve alt problemlere dayalı olarak oluşturulan hipotezler ise aşağıdaki gibidir.

Hipotezler

Alt Problem 1: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik motivasyon ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

H₀: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik motivasyon ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

H₁: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik motivasyon ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.

Alt Problem 2: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik motivasyon son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

H₀: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik motivasyon son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

H₁: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik motivasyon son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.

Alt Problem 3: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik tutum ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

H₀: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik tutum ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

H₁: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik tutum ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.

Alt Problem 4: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik tutum son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

H₀: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik tutum son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

H₁: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik tutum son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.

Alt Problem 5: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik akademik başarı ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

H₀: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik akademik başarı ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

H₁: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik akademik başarı ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.

Alt Problem 6: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik akademik başarı son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

H₀: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik akademik başarı son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

H₁: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik akademik başarı son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.

1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI

Araştırmanın amacı; üç boyutlu yazıcı kullanılarak elde edilen öğretim materyallerinin sosyal bilgiler dersinde kullanımının, öğrencilerin motivasyon, tutum ve başarılarına olan etkisini belirlemektir. Bu amaca ulaşabilmek için öncelikle sınıf seviyesi ve konu belirlenmiştir. Ülkemizde sosyal bilgiler dersi, 10-13 yaş aralığındaki öğrencilere hitap etmektedir. Bu yaş aralığında bulunan özellikle beşinci sınıf düzeyindeki öğrenciler yapılandırmacılık kuramının önemli temsilcilerinden Piaget'e göre, bilişsel gelişim düzeyi olarak somut işlemler döneminin bitiş, soyut işlemler döneminin ise başlangıç aşamasındadırlar (Altınışik ve Orhan, 2002). Sosyal bilgiler dersi çoğunlukla soyut konulardan oluşan bir ders olduğu için (Ünal ve Er, 2017) bu sınıf düzeyinde öğrenim gören öğrenciler soyut konuları anlamakta güçlük çekmektedirler. Dolayısıyla bu öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmak adına konuların somut hâle getirilmesi gerekmektedir (Altınışik ve Orhan, 2002). Öğrenciler için soyut kavramlara sahip olan konuları somutlaştırmanın en etkili yollarından biri, öğrenme sürecinde öğretim materyallerinden faydalanmaktır. Öğretim materyalleri, öğrencilerin birden fazla duyu organını aynı anda harekete geçirerek soyut konuların somutlaştırılmasını desteklemektedir (Saban, 2022). Bu sayede farklı öğrenme ihtiyaçlarına sahip olan öğrencilerin tamamına hitap etmeyi kolaylaştırmaktadır (Özerbaş, 2020). Doğru yer ve doğru zamanda kullanıldığı takdirde anlamlı ve kalıcı öğrenmelerin gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır (Güven, 2022). Öğretmenler tarafından geleneksel yöntemlerle de hazırlanabilen öğretim materyalleri, günümüzde daha çok çeşitli teknolojik araçlar vasıtasıyla üretilmektedirler (Tarakçıoğlu, 2012). Günümüzde öğretim materyali üretmek amacıyla kullanılan güncel teknolojik araçlardan biri üç boyutlu yazıcıdır. Söz konusu teknoloji, öğretim materyallerini hızlı bir şekilde ve istenen özelliklerde üretmektedir (Karaduman, 2017). Dolayısıyla eğitim alanının son gözdesi, üç boyutlu yazıcı teknolojisidir. Yapılması planlanan araştırmada da üç boyutlu yazıcıdan elde edilen öğretim materyallerinin sosyal bilgiler dersinde kullanılmasıyla birlikte, öğrencilerin konu içinde anlamakta zorluk çektikleri soyut kavramları üç boyutlu şekilde görecekleri

ve bu kavramları kolayca somutlaştıracakları düşünülmektedir. Böylece dersin monotonluktan kurtarılarak daha eğlenceli hâle gelmesi beklenmektedir.

1.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

İnsanların dünyaya ayak bastığı ilk günden itibaren sürekli gelişerek ilerleyen teknoloji (Özerbaş, 2020), günümüzde çok güçlü bir boyuta ulaşmıştır. İnsanoğlu her zaman elindekinin en iyisine sahip olmayı amaçladığı için, teknoloji alanında akıl sınırlarını zorlayan gelişmeler yaşanmaya devam etmektedir (Kılınç, 2013). Teknolojide meydana gelen gelişmeler, toplumsal alanları birbirinden farklı düzeylerde etkilemektedir. Toplumsal alanlar da bu gelişmeler doğrultusunda hareket ederek kendilerini yenilemektedirler. Eğitim, teknolojik gelişmelerden yoğun bir şekilde etkilenen alanların başında yer almaktadır (Uça Güneş, 2016). Bu gelişmelere uyum sağlamak ve ortaya çıkan teknolojik yenilikleri öğrenme ortamlarına entegre etmek amacıyla, eğitim alanında çeşitli raporlar hazırlanmakta ve projeler yürütülmektedir (Topuz ve Göktaş, 2015). Ayrıca teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler dikkate alınarak öğretim programları yenilenmektedir (Tonga, 2019; Toprak ve Demirel, 2018). Söz konusu gelişmeler, bireylerin sahip olması beklenen özelliklerin değişmesine ve çeşitlenmesine neden olmaktadır (Seferoğlu, 2015). Günümüz koşullarında yalnızca bilgi sahibi olmak tek başına yeterli değildir. Bilgi sahibi olmanın yanı sıra onu etkili bir şekilde kullanmak, bilgiye ulaşırken teknolojiden yararlanmak, yeni bilgiler üretmek, eleştirel düşünmek, sorumluluk üstlenerek güncel sorunlara çözümler önermek, problem çözmek, yaratıcı düşünüp yenilikçi fikirler üretmek ve iş birlikli şekilde çalışmak, bireylerin sahip olmaları beklenen başlıca özelliklerdir (Eryılmaz ve Uluyol, 2015; Wagner, 2008). Söz konusu özellikler yalnızca eğitim yoluyla aktarılabileceği için, eğitim sistemlerinin bu amaca uygun şekilde tasarlanması gerekmektedir (Erişen ve Çeliköz, 2011). Yenilenen öğretim programları, 21. Yüzyıl becerileri olarak adlandırılan bu özellikleri bireylere kazandıracak şekilde hazırlanmaktadır (Kalemkuş, 2021). Bu doğrultuda ülkemizde, öğrencilerin öğrenme sürecinin merkezinde aktif şekilde yer almasını sağlayan yapılandırmacı anlayışın benimsendiği öğretim programları yürürlüğe konmuştur (Yazar, 2019). Yapılandırmacılık, öğrencilerin bireysel farklılıklarını dikkate alan ve öğrenme sürecinde bu farklılıkların neden olduğu dezavantajları ortadan kaldıracak çeşitli yöntem ve tekniklerin kullanımını gerektiren bir yaklaşımdır (Ulusoy ve Gülüm, 2009). Bu yaklaşım, çeşitli etkinlikler vasıtasıyla öğrencilerin birbirinden

farklı ihtiyaçlarına cevap vererek onların üst düzey düşünme becerilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (Ünlü, 2021). Yapılandırmacılık anlayışıyla hazırlanan öğretim programlarında teknolojik araçların kullanımına ayrı bir önem verilmektedir (Demiralp, 2007). Çünkü bu araçlar öğrenme sürecinde hem öğretmenler hem de öğrenciler için çeşitli faydalar sağlamaktadır. Bu nedenle teknolojik araçların her zaman öğrenme ortamlarında yer alması (Oğuz, 2009) ve öğrenme süreçlerinde etkin olarak kullanılması gerekmektedir (Gönenç ve Açıkalın, 2017). Hâlihazırda uygulanmakta olan öğretim programları, öğrenme sürecinde teknoloji kullanımına olanak tanıyan yetkinlik, amaç, beceri, değer, öğrenme alanı ve kazanımlara sahiptir. Bu nedenle öğrenme süreçlerinde teknolojik araçların kullanımı zorunluluk hâline gelmiştir. Teknoloji alanında yaşanan gelişmelerle birlikte, son zamanlarda öğretim araçlarının sayısında gözle görülür bir artış yaşanmıştır (Güven, 2022). Bu gelişmeler sonucunda üç boyutlu yazıcı, öğrenme ortamlarında kullanılan teknolojik araçlar grubunun yeni üyesi olmuştur (Akbaba ve Akbulut, 2021).

Kullanıldığı çalışma alanları açısından geniş bir yelpazeye sahip olan üç boyutlu yazıcının etkili olduğu alanlardan bir tanesi de eğitimidir (Eisenberg, 2013). Bu teknoloji; sahip olduğu çeşitli özellikler, kullanıcılara sağladığı birtakım olanaklar ve cazip fiyat avantajından dolayı, eğitim alanında tercih edilen öğretim araçları arasında yer almaktadır (Karaduman, 2018). Üç boyutlu yazıcı günümüzde birçok eğitim alanında öğretim aracı olarak kullanılmaktadır (Kökhan ve Özcan, 2018). Bu teknolojinin kullanımına uygun olan söz konusu eğitim alanlarından biri de sosyal bilgilerdir. Sosyal bilgiler, yapısı itibarıyla birçok disiplinin bir araya gelmesiyle oluşan ilköğretim ve ortaokul dersidir (Keçe ve Merey, 2011). Öğrencilere kültürel mirasın aktarılmasında önemli bir görev üstlenen tarih, bu dersin içeriğinde yer alan en önemli disiplinlerden biridir (Öztürk, 2015). Ancak tarih konularının geçmiş zamanlara dayanmasından dolayı sosyal bilgiler dersi öğrenciler tarafından yaşama yakın bulunmamaktadır (Gönenç ve Açıkalın, 2017). Ayrıca soyut niteliğe sahip olan bu konular dersin anlaşılabilirliğini de olumsuz yönde etkilemektedir (Ünal ve Er, 2017). Memişoğlu ve Tarhan (2016) ile Seçgin ve Doğan (2019)'ın yürütmüş olduğu çalışmalar, bu durumu destekler niteliktedir. Öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik düşüncelerini tersine çevirmek ve anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmelerini sağlamak amacıyla soyut konular somut hâle getirilmelidir (Tan, 2019). Dolayısıyla öğrenme süreci içinde öğretim materyallerinin kullanılması gerekmektedir (Nalçacı ve Ercoşkun, 2005). Eğitim alanındaki en önemli kullanım amacı öğretim materyali üretmek

olan üç boyutlu yazıcı teknolojisi, bu noktada öğretmenlerin yardımına yetişmektedir. Çünkü bu teknoloji, öğrenme süreci içinde kullanımı planlanan öğretim materyallerini kısa sürede ve istenen özelliklerde yazdırmaktadır (Karagöz ve Şahin Çakır, 2020). Bu nedenle sosyal bilgiler dersinde kullanılabilecek önemli araçlardan biri üç boyutlu yazıcıdır. Sosyal bilgiler dersinde yer alan soyut konuların üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla somutlaştırılmasının, öğrencilerin derse yönelik motivasyonlarını yükselteceği, tutumlarını olumlu yönde değiştireceği ve başarılarını arttıracacağı düşünülmektedir.

1.4. SAYILTILAR

Bu çalışmaya yönelik sayıltılar, aşağıda maddeler hâlinde verilmiştir.

1. Araştırmaya katılmış olan öğrencilerin veri toplama araçlarına içtenlikle, samimi ve yansız olarak cevap verdikleri varsayılmıştır.
2. Ön bilgi düzeyleri aynı olan her iki grup öğrencilerinin sadece araştırma uygulamalarından etkilendikleri, diğer değişkenlerden etkilenmedikleri varsayılmıştır.
3. Araştırmacının uygulama süresince her iki gruba da eşit ve yansız bir şekilde davrandığı varsayılmıştır.
4. Araştırmadan elde edilen sonuçların inandırıcı ve tutarlı olduğu varsayılmıştır.

1.5. SINIRLILIKLAR

Bu araştırma;

1. 2022-2023 eğitim-öğretim yılının birinci döneminde, Kütahya ili Merkez ilçesinde bulunan Ahteri İmam Hatip Ortaokulu'nun beşinci sınıf düzeyindeki iki ayrı şubesinde öğrenim gören toplam elli iki erkek öğrenci ile,
2. Uygulama süresi her iki grup için de dört hafta ve toplam on ders saati ile,
3. Beşinci sınıf Geçmiş Yolculuk ünitesi, Uygarlıkları Tanıyoruz konusu ile,
4. Veri toplama araçlarındaki sorular ile,
5. Öğrencilerin veri toplama araçlarına verdikleri cevaplar ile sınırlıdır.

1.6. TANIMLAR

Açık Kaynak Kod: Kaynak kodu herkes tarafından incelenebilen, değiştirilebilen ve geliştirilebilen yazılım türü (Selçuk ve Zengin, 2021).

Akrilik Boya: Plastik bazlı karışımlardan oluşan renklendiriciler (Kodaman, 2021).

Astar: Boyanın yapışmasını sağlamak ve dayanıklılığını arttırmak amacıyla materyal üzerine atılan ince kat (Yıldız ve Dal, 2016).

Dijital Göçmen: Analog dünyada doğduğu için teknolojik yeniliklerle sonradan karşılaşan ve dolayısıyla yaşanan yeniliklere uyum sağlamaya çalışan nesil (Prensky, 2001).

Dijital Yerli: Dijital dünyada hayata gelen, teknolojik yenilikleri yakından takip eden ve teknolojik araçları ustalıkla kullanan nesil (Prensky, 2001).

Filament: Üç boyutlu yazıcılarda parça üretmek için kullanılan ham madde (Yuran ve Yavuz, 2021).

Fotopolimer: Işık enerjisine maruz kaldığında kimyasal reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen bir tür polimer (Bozkurt, Gülsoy ve Karayel, 2021).

Laminasyon: Herhangi bir ürünün farklı malzemeler kullanılarak çoklu katmanlar hâline getirilmesi tekniği (Karagöz, Danış Bekdemir ve Tuna, 2021).

Nozul: Eriyik hâle gelen filamentin aktığı çıkış noktası (Bozdemir, 2018).

Polimer: Monomerlerin bir araya gelerek oluşturdukları yüksek molekül ağırlıklı maddeler (Çevik, 2014).

Prototip: Herhangi bir tasarımın somut hâle getirilen ilk ve en ilkel örneği (Türkmenoğlu ve Atalar, 2020).

Reçine: Isıya maruz kaldığında yumuşayan ve eriyik hâle gelen, suda çözünmeyen madde (Büyükakıncı, vd., 2013).

Tinkercad: Üç boyutlu tasarım yapmak amacıyla kullanılan web tabanlı yazılım (Şahin ve Turan, 2018).

Üç Boyutlu Yazıcı: Bilgisayar ortamında çeşitli programlar aracılığıyla tasarlanmış dijital modelleri, katman katman biriktirme işlemiyle gerçek fiziksel nesnelere dönüştüren bir baskı teknolojisi (Olla, 2015).

Vernik: Boyalı olan yüzeye parlaklık ya da mat bir görünüm kazandırmak amacıyla kullanılan materyal (Sönmez, Budakçı ve Yakın, 2004).



İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICI NEDİR?

Günlük yaşantımızda büyük bir yer kaplayarak hayatımızın yadsınamaz bir gerçeği hâline dönüşen teknoloji, her geçen gün gelişmekte ve bizlere çeşitli yenilikler sunmaktadır. Bu yeniliklerden bir tanesi de son zamanlarda çok fazla gündeme gelerek dikkatleri üzerine çekmeyi başaran ve şüphesiz en heyecan verici buluşlar arasında yer alan üç boyutlu yazıcıdır. Üç boyutlu yazıcı, bilgisayar ortamında çeşitli programlar aracılığıyla ya da üç boyutlu tarama yöntemiyle oluşturulan dijital tasarımları gerçek fiziksel nesnelere dönüştüren bir baskı teknolojisidir (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016). Bu teknoloji, eksiltici geleneksel üretim yöntemlerinin aksine farklı ham maddelerden oluşan filamentler kullanarak nesneleri katman katman biriktirme işlemiyle üretmektedir (Zastrow, 2020). Dolayısıyla üç boyutlu baskı süreci aynı zamanda eklemeli imalat olarak da adlandırılmaktadır (Highfield, 2013). Bu baskı teknolojisi sayesinde, bir kişinin ihtiyaç duyduğu herhangi bir nesnenin üretilmesini ve üretildikten sonra da kendisine ulaşmasını beklemesine gerek yoktur (Silver, 2019). Çünkü dünya üzerinde var olan çoğu nesne, üç boyutlu yazıcı kullanılarak kısa bir süre içinde elde edilebilmektedir (Davia-Aracil, vd., 2018). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi her geçen gün hızlı bir şekilde gelişmektedir (Bhushan ve Caspers, 2017). Diğer yandan bu gelişime ek olarak, sahip olduğu özellikler ve kullanıcılara sağladığı avantajlar sayesinde de popülerliğini arttırmaktadır (Wieczorek, 2017). Üç boyutlu yazıcının önümüzdeki birkaç yıl içinde hemen hemen her ev ve iş yerinde bulunan teknolojik araçlardan biri olacağı ve kullanımının giderek artacağı tahmin edilmektedir. Dolayısıyla bu teknolojinin zamanla gündelik yaşamımızın temel bir parçası olacağı konusunda hiç şüphe yoktur (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015).

Geleceğin önemli teknolojileri arasında yer alan üç boyutlu yazıcı, göstermiş olduğu değişim ve gelişimler sayesinde birçok alan için oldukça değerli bir hâle gelmiştir. Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin özellikle endüstri alanında büyük bir etki yaratması beklenmektedir (Mohr ve Khan, 2015). Çünkü bu teknoloji, tasarım ve üretim aşamalarına çeşitli yenilikler kazandırmıştır (Olla, 2015). Bu yenilikler doğrultusunda ilerleyen yıllarda üretim, satın alma, dağıtım ve tüketim şekilleri büyük ölçüde değişecektir (Greengard, 2013). Ayrıca bu teknoloji, toplumsal hayatı birçok yönden dönüştürmesi beklenen yeni bir endüstri devriminin temel bileşenleri arasında gösterilmektedir (Wang ve Wang, 2016). Sıradaki endüstri devriminin merkezinde bulunması ve birçok alan açısından önem arz etmesi, bu teknolojinin ilerleyen yıllarda

küresel ekonomide büyük pay sahibi olan sektörler arasında yer alacağının bir işaretidir (Dumitrescu ve Tănase, 2016). Büyük bir büyüme potansiyeline sahip olan üç boyutlu yazıcı teknolojisinin günümüzdeki piyasa durumu da oldukça iyi noktadadır. Bu teknoloji geçmiş dönemlerde yapılan büyüme ve kâr beklentilerinin üzerine çıkmıştır. Dolayısıyla ilerleyen yıllarda da büyük bir büyüme gerçekleştireceği aşikârdır (Olla, 2015). Uzmanlara göre üç boyutlu yazıcı, 2025 yılına kadar dünya ekonomisini derinden etkileyebilecek on iki yıkıcı teknolojiden biridir (Berman, 2020). 2060 yılına gelindiğinde ise dünya üzerinde var olan iki nesneden birinin üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmiş olacağı tahmin edilmektedir (Rimmer, 2019). Dolayısıyla üç boyutlu yazıcı, sadece birtakım nesnelerin üretilmesine yarayan basit bir teknoloji olarak algılanmamalıdır (Greengard, 2013). Şu ana kadar yalnızca birkaç ülke, üç boyutlu yazıcının üretim teknolojisinin ötesinde bir yenilik olduğunu anlayabilmiştir. Bu durumun bilincinde olan ülkeler hâlihazırda çeşitli çalışmalar yürütmektedirler. Aynı zamanda yapılan çalışmalardan başarılı sonuçlar elde edebilmek adına üç boyutlu yazıcı sektörüne finansman sağlayarak yatırım yapmakta ve gereken desteği vermektedirler (Kumar ve Krishnadas Nair, 2017). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Japonya, bu sektör üzerine en fazla yoğunlaşan ve rekabet hâlinde olan iki ülkedir. Çin, Rusya, Almanya ve Birleşik Krallık gibi diğer gelişmiş ülkelerin yatırım hacimleri ise bu iki ülkeye kıyasla düşük düzeydedir. Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sahip olduğu potansiyel ve geleceğe yönelik yapılan tahminler göz önüne alındığında, mevcut ülkeler arasındaki yarışın kızışacağı beklenmektedir (Bai, vd., 2017). Ayrıca bu teknoloji gelişmeye devam ettikçe, hiçbir ülke yaşanan rekabetin dışında kalmak istemeyecek ve bu nedenle yarışa yeni ülkeler de dâhil olacaktır (Highfield, 2013). Aşağıda yer alan Görsel 2.1’de, insanların hayal ettikleri birçok fikri gerçeğe dönüştürme potansiyeline sahip olan bir masaüstü üç boyutlu yazıcı görülmektedir. Söz konusu teknolojinin bu özelliği oldukça önemli ve heyecan vericidir. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcı teknolojisi alanında yaşanan gelişmeler, hem geleceğe yatırım yapan büyük ölçekli firmalar hem de gelişmiş ülkeler tarafından yakından takip edilmektedir.

Görsel 2.1: Kartezyen Tipi Üç Boyutlu Yazıcı



Kaynak: Özsoy, vd., 2020: 154

2.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Endüstrinin gelişiminde devrim etkisi yaratacak teknolojiler arasında yer alan üç boyutlu yazıcı, gündelik hayatımızı derinden etkileyebilecek bir potansiyele sahip olması ve olağanüstü pazar büyümesi beklentisi nedeniyle günümüzde en fazla dikkat çeken teknolojilerden biridir. Bu teknoloji, birbirinden farklı amaçlar çerçevesinde çalışan sektörlerin ortak paydasında yer almaktadır. Endüstriden sağlığa, tekstilden gıdaya, çeşitli alanların çalışma prensiplerine eş zamanlı olarak uyum sağladığı için stratejik bir öneme sahiptir ve şu an oldukça popüler bir konumdadır. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcı, son zamanlarda adını sıklıkla duyduğumuz teknolojiler arasında yer almaktadır. Gündemde yoğun bir şekilde yer alması nedeniyle birçok kişi tarafından yeni bir buluş olarak algılanan üç boyutlu yazıcı teknolojisi, otuz yılı aşkın bir geçmişe sahiptir. Bugünkü modern hâliyle ortaya çıkma ve gelişme serüveni 20. Yüzyılın sonlarına denk gelse de bu teknoloji fikrinin ilk kıvılcımları 19. Yüzyıla kadar dayanmaktadır. 19. Yüzyılda keşfedilen "Topoğrafya" ve "Fotoğraf heykel" teknikleri üç boyutlu yazıcı teknolojisi için temel oluşturmuşlardır (Zhai, Lados ve LaGoy, 2014).

Topoğrafya alanındaki ilk çalışmalar 1890 yılında J. E. Blather tarafından başlatılmıştır. Blather, üç boyutlu harita üretebilmek için topoğrafik kontur çizgilerinin kullanıldığı bir yöntem keşfetmiş ve 1892 yılında bu yöntemin patentini almıştır (Lengua, 2017). Perera, Zang ve Gaskin, yaptıkları çalışmalarla Blather'ın yöntemini ileri seviyeye taşımışlardır. Gaskin, bu yöntemle elde edilen üç boyutlu haritaları jeolojik bir öğretim aracı olarak kullanmıştır (Bourell ve Beaman, 2003). 1972 yılında Matsubara, katmanlı parçalar üretebilmek için fotopolimerlerin kullanıldığı bir yöntem geliştirmiştir. 1974 yılında ise DiMatteo, kendisinden önce geliştirilmiş olan yöntemlerin karmaşık

yapıların üretilmesinde kullanılabileceği fikrini ortaya atmıştır. Son olarak 1979 yılında Profesör Nakagawa, üç boyutlu nesnelerin üretilmesinde laminasyon yöntemini kullanmaya başlamıştır (Bourell ve Beaman, 2003; Lengua, 2017).

Fotoğraf heykel alanındaki ilk çalışmalar ise 1860 yılında François Willème tarafından başlatılmıştır. Bu yöntemde, üç boyutlu şekli elde edilmek istenen canlı veya cansız nesnenin aynı anda birçok kez fotoğrafı çekilmektedir. Elde edilen fotoğraflar bir yüzeye yansıtılmakta ve her biri sahip olduğu açıya göre şekillendirilmektedir. Son olarak bu şekiller birleştirilmektedir. Bu sayede, canlı veya cansız nesnelerin üç boyutlu şekilleri elde edilmektedir (Bogart, 1981). Baese ve Monteah, yaptıkları çalışmalarla bu yöneme katkıda bulunmuşlardır. Morioka ise, üç boyutlu nesneler üretebilmek için topoğrafya ve fotoğraf heykel tekniklerinin bir arada kullanıldığı bir yöntem geliştirmiştir. 1951 yılında Munz, ilk kez modern anlamda stereolitografi özelliklerine sahip bir sistem icat etmiş ve 1956 yılında patentini almıştır. 1968 yılında Swainson, lazer ışınları sayesinde sıvı hâldeki plastiği katı hâle çevirerek üç boyutlu nesneler üreten bir yöntem geliştirmiştir. 1971 yılında ise Ciraud, modern anlamdaki doğrudan biriktirme yönteminin özelliklerini taşıyan bir sistem keşfetmiştir (Bourell ve Beaman, 2003).

Günümüzde kullanılan modern anlamdaki üç boyutlu yazıcı fikrini ilk kez 1980 yılında Hideo Kodama ortaya atmıştır. Kodama, fotopolimer kullanarak üç boyutlu baskı gerçekleştiren bir yöntem geliştirmiş ve bu yöntem yoluyla ilk kez üç boyutlu bir nesne elde etmiştir. Mayıs 1980’de üç boyutlu yazıcı teknolojisi alanında patent başvurusunda bulunan ilk kişi olmuştur. Ancak başvuru tarihinin geçmesinden dolayı başvurusu onaylanmamıştır (Mouzakis, 2018). 1984 yılına gelindiğinde Charles Hull, günümüzde kullanılan modern anlamdaki ilk üç boyutlu yazıcıyı icat etmiş ve "Stereolithography apparatus" (SLA) adını vermiştir. 1986 yılında Hull, icadının patentini almış ve böylece üç boyutlu yazıcıların modern zamanlardaki gelişim serüveni başlamıştır. Hull, patenti aldığı aynı sene içinde dünyanın ilk üç boyutlu baskı şirketini (3D Systems Corporation) kurmuş ve SLA-1 isimli ilk üç boyutlu yazıcıyı piyasaya sürmüştür (Melchels, 2012). Atılan bu önemli adımlardan sonra üç boyutlu yazıcı teknolojisi hızla gelişmeye başlamış ve çok sayıda yeni yazıcı ortaya çıkmıştır. 1986 yılında Carl Deckard, Selective Laser Sintering (SLS) teknolojisini icat etmiştir (Masiouchok, vd., 2020). 1989 yılında Emanuel Sachs ve arkadaşları Three-Dimensional Printing (3DP) tekniğini geliştirmişler ve 1993 yılında patentini almışlardır. 3DP tekniği, 1994 yılında kurulan Z Corporation tarafından piyasaya sürülmüştür. Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojisi de 1989 yılında

Scott Crump tarafından icat edilmiştir. Crump, aynı yıl içinde Stratasys isimli şirketi kurmuştur. Bu teknolojinin patenti 1992 yılında alınmış ve Stratasys şirketi tarafından ticarileştirilmiştir (Pelz, vd., 2021). Söz konusu yöntemler eklemeli imalat teknolojisinin temelini oluşturmakta ve günümüzde hem bireysel hem de endüstri alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Bunların dışında geliştirilmiş olan birçok yöntem daha vardır. Aşağıda yer alan Görsel 2.2’de, dünyanın ilk üç boyutlu yazıcısı olan SLA-1 görülmektedir. Charles Hull tarafından icat edilen bu yazıcı ile üretilmiş olan ilk nesne, küçük boyutlu basit bir bardaktır. Görselden de anlaşılacağı üzere bu yazıcı sadece basit tasarımların üretimini gerçekleştirebilmesine rağmen oldukça büyük bir boyuta sahiptir.

Görsel 2.2: Charles Hull Tarafından İcat Edilen İlk Üç Boyutlu Yazıcı “SLA-1”



Kaynak: Henn ve Mokadam, 2021: 102

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, 2000’li yılların başlarına kadar kullanım alanı endüstriyel faaliyetlerle sınırlı olan pahalı bir teknolojiydi (Cheng, vd., 2017). Bu teknolojiyi daha ucuz bir hâle getirmek ve kullanım alanını genişletmek amacıyla birtakım çalışmalar yapılmıştır. 2005 yılında Adrian Bowyer öncülüğünde Replicating Rapid Prototyper (RepRap) isimli ilk açık kaynak kodlu proje başlatılmıştır. Bu projeye, sahip olduğu parçaların çoğunu kendi başına üretebilen bir üç boyutlu yazıcının geliştirilmesi amaçlanmıştır (Bradshaw, Bowyer ve Haufe, 2010). RepRap’tan bir yıl sonra Hod Lipson öncülüğünde Fab@Home isimli yeni bir proje daha hayata geçirilmiştir. Bu projenin amacı ise, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin endüstriyel üretimden bireysel ev üretimine doğru evrimleşmesini sağlamaktır (Malone ve Lipson, 2007). Bireysel kullanıcılar ile teknoloji arasında köprü kuran bu projelere ek olarak bazı patentlerin süresinin dolmasıyla birlikte üç boyutlu yazıcı alanındaki çalışmaların sayısı artmış, teknoloji endüstri sektörünün dışında yayılmaya başlamış ve yeni yazıcılar

piyasaya sunulmuştur (Cheng, vd., 2017). Bu gelişmeler sonucunda üç boyutlu yazıcı fiyatları azalmaya başlamış ve çeşitli alanlarda tercih edilen bir teknoloji hâline gelmiştir (Whitaker, 2014). Günümüzde üç boyutlu yazıcı teknolojisi; endüstriyel tasarım (Kolomiets, vd., 2018), tıp (Javaid ve Haleem, 2018), eğitim (Eisenberg, 2013), havacılık ve uzay sanayi (Joshi ve Sheikh, 2015), otomotiv sanayi (Böckin ve Tillman, 2019), savunma sanayi (Tadjeh, 2014), mühendislik (Gao, vd., 2015), mimarlık, inşaat (Lim, vd., 2012), arkeoloji (Al-Baghdadi, 2017), spor (Meier, vd., 2019), kuyumculuk (Ferreira, vd., 2012), mobilyacılık (Murmura ve Bravi, 2018), tekstil (Gardan, 2019), gıda (Kaur, vd., 2022) vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Bu dönemde kişisel kullanıma uygun ev tipi masaüstü yazıcılar da geliştirilmiş (Turner, vd., 2017) ve herkesin erişebileceği fiyatlardan piyasa sunulmuştur (Rajkumari, Chandra ve Balaji, 2018). Bu sayede teknoloji, bireysel kullanıcılar tarafından da benimsenerek evlere kadar girmiş ve geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmıştır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, ortaya çıktığı ilk günden itibaren önemli değişiklikler geçirerek günümüze ulaşmıştır. Piyasaya sunulduğu dönemde pahalı bulunduğu için kullanımı oldukça sınırlı kalmıştır. Ancak bu durumu tersine çevirerek daha fazla sektörün ve daha fazla kişinin üç boyutlu yazıcıdan yararlanmasını sağlamak amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalar sonucunda farklı tekniklere sahip birçok yazıcı çeşidi geliştirilerek ticarileştirilmiş ve böylece yazıcı fiyatları azalmıştır. Kurum ve bireylerin uygun fiyat fırsatından yararlanmalarına bağlı olarak son zamanlarda üç boyutlu yazıcı kullanımı giderek artmıştır. Üç boyutlu yazıcının kaynağını hayal gücünden alarak üretimde sınır tanımaması ve gelişime açık bir teknoloji olması sebebiyle, önümüzdeki yıllarda kullanımının daha da artacağı, günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir parçası olacağı ve gündemimizi daha fazla meşgul edeceği söylenebilir.

2.3. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ ÜRETİM SÜRECİ

Üç boyutlu yazıcı, mürekkep püskürtmeli yazıcıyla aynı çalışma anlayışına sahiptir (Mertz, 2013a). Söz konusu iki yazıcıya da bilgisayar ortamında hazırlanan bir dosya yüklenmektedir. Daha sonra bilgisayardan verilen komutla birlikte dosyada yer alan içerik yazdırılarak fiziksel bir nesne elde edilmektedir. Bu iki teknoloji arasındaki en önemli fark, üç boyutlu yazıcının çeşitli özelliklere sahip üç boyutlu baskılar üretebilmesidir. Üç boyutlu baskılar elde edebilmek için birtakım donanım ve yazılımların kullanılması gerekmektedir. Üç boyutlu yazıcı, üç boyutlu tarayıcı ve

bilgisayar, bu süreçte ihtiyaç duyulan donanım araçlarıdır. Modelleme ve dilimleme programları ise üç boyutlu baskı için gerekli olan yazılım araçlarıdır. Bu araçlar belli bir sıralamaya göre kullanılarak hedef nesnenin tasarımına ve üretimine yardımcı olmaktadır. Herhangi bir nesneyi üç boyutlu olarak üretebilmek için bu donanım ve yazılım araçları hakkında bilgi sahibi olmak ve onları iyi derecede kullanabilmek gerekmektedir. Üç boyutlu yazıcı ile baskı işlemi temel olarak dört aşamada gerçekleşmektedir. İlk olarak üretilmesi hedeflenen nesnenin üç boyutlu modelini tasarlamak gerekmektedir. Hazırlanan model dilimleme programına gönderilmektedir. Dilimleme programında yazdırmaya hazır hâle getirilen model, yazıcıya gönderilerek yazdırılmaktadır. Son olarak üretilen nesne üzerinde fiziki düzenlemeler yapılmaktadır (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015).

Bir nesnenin üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmesi için atılması gereken ilk adım, hedef nesnenin üç boyutlu modelinin oluşturulmasıdır. Bu işlemin üç farklı yolu bulunmaktadır. İlk olarak çeşitli bilgisayar destekli tasarım (CAD) programları kullanılarak, yazdırılmak istenen herhangi bir model tasarlanabilmektedir. AutoCAD, SketchUp, SolidWorks, Fusion 360 ve Cubify Invent, üç boyutlu tasarım yapılabilen programlara örnektir. Ancak bu programlar profesyonel kullanıcılara hitap etmektedir ve ücretlidir (Losaw, 2019). Elbette bunların dışında, öğrenmeye hevesli amatör kullanıcılara hitap eden ücretsiz programlar da bulunmaktadır. Bu tanıma en uygun örneklerden biri hiç şüphesiz Tinkercad'dir. Söz konusu programı kullanmak için herhangi bir ön kurulumla ihtiyaç yoktur. İnternet üzerinden rahatlıkla erişilebilen bu program, kullanımı kolay bir arayüze ve Türkçe dil seçeneğine sahiptir. Tinkercad; Standard Triangle Language (.stl), Wavefront .Obj File (.obj) ve Scalable Vector Graphics (.svg) formatlarını desteklemektedir. Burada oluşturulan tasarımlar profile kaydedilmekte ve isteğe bağlı olarak diğer üyelerle paylaşılabilir. Özetle kullanıcılar, söz konusu programlar aracılığıyla kendi modellerini diledikleri özellikler doğrultusunda oluşturabilmektedirler. Şayet kullanıcılar tasarım programlarını kullanma becerisine sahip değillerse, ikinci yol olarak üç boyutlu tarayıcı vasıtasıyla istedikleri nesneleri taratıp modeller üretebilmektedirler (Groenendyk ve Gallant, 2013). Hem tasarım becerisinden hem de üç boyutlu tarayıcıdan yoksun olan kullanıcılar ise, son çare olarak internet üzerinden hazır dijital modellere ulaşabilmektedirler. İnternette indirilmeyi bekleyen hazır modellerin yer aldığı çok sayıda web sitesi bulunmaktadır. Tinkercad, Thingiverse, GrabCAD, Shapeways ve MyMiniFactory, bu sitelerden bazılarıdır. Söz

konusu sitelere kaydolmak ücretsizdir. Bu sitelerde kullanıcılar tarafından hazırlanmış olan ve ücretsiz şekilde indirilebilen binlerce hazır model vardır. Ancak yine de bazı modellerin belli bir ücret karşılığı bulunmaktadır (Fonda, 2013).

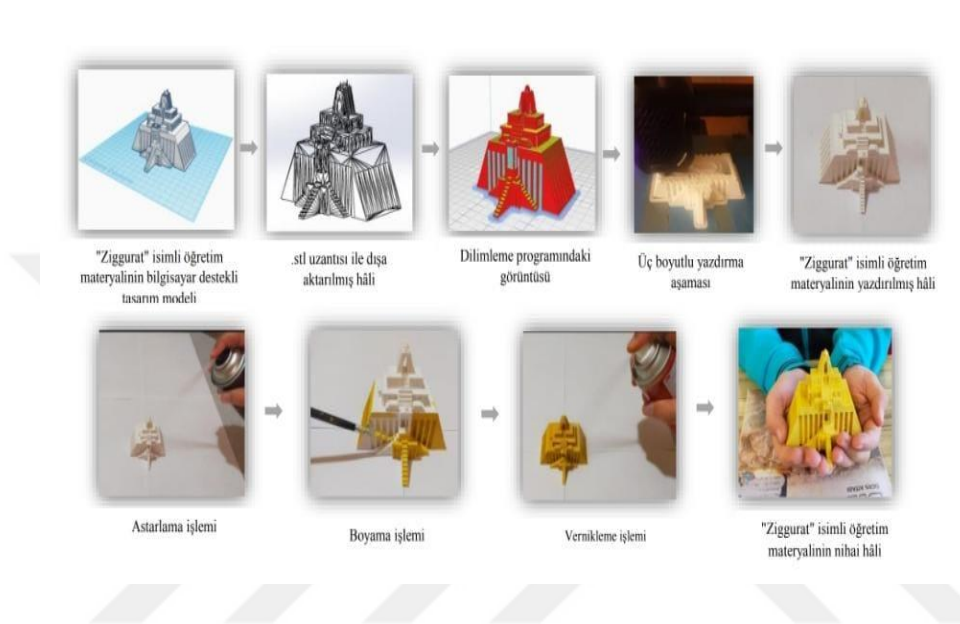
Hedef nesnenin modeli tasarlandıktan sonra uygun dosya formatına dönüştürülmekte ve baskı aşamasına hazırlanması amacıyla dilimleme programına gönderilmektedir. Dilimleme programı, hazırlanan tasarımları yazıcının anlayabileceği dile çeviren bir ara programdır. Söz konusu program, birden fazla dosya formatı seçeneğine sahiptir. Çünkü yazıcının türüne göre, baskı sürecinde kullanılan formatlar birbirinden farklılaşmaktadır. Dolayısıyla hazırlanan model, baskı yapacak olan yazıcı türünün kullandığı dosya formatına uygun şekilde dışa aktarılmak zorundadır. Bu noktada genellikle tercih edilen dosya formatı .stl'dir (Novak-Marcincin, vd., 2012). Bunun dışında .obj, .svg ve 3D Manufacturing Format (.3mf) gibi dosya formatları da kullanılmaktadır (Chen ve Lin, 2017). Dilimleme programına gönderilen model katman kalınlığına göre dilimlenmekte, yazıcının baskı sırasında kullanacağı geometrik kodlar (G-kodu) üretilmekte ve baskı yöntemleri belirlenmektedir (Fonda, 2013). Söz konusu yöntemler, baskının süresini ve kullanılacak filament miktarını etkilemektedir. Ayrıca program bu aşamada kullanıcılara baskı sürecinin ön izlemesini sunmaktadır. Böylece üretim sırasında oluşabilecek olası hataların fark edilmesi ve yazdırma işlemine geçilmeden önce gerekli düzenlemelerin yapılması sağlanmaktadır.

Dilimleme programında üretilen G-kodlar, Secure Digital Memory Card (SD kart)'a yüklenip yazıcıya gönderilmektedir (Surange ve Gharat, 2016). Yazıcı bu kodu algıladıktan sonra, belirlenen sıcaklık değerine ulaşır ulaşmaz modeli yazdırmaya başlamaktadır. İşlem süresi, yazıcının türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ayrıca yazıcının çalışma sıcaklığı, hızı, modelin geometrik yapısı, boyutu, malzeme yoğunluğu, katman kalınlığı, destek miktarı ve çözünürlük seviyesi, baskı süresini etkileyen diğer unsurlardır (Fonda, 2013).

Yazdırma işlemi tamamlandıktan sonra, üretilen nesne tabladan sökülmektedir. Ardından üretim sırasında kullanılmış olan destek yapıları varsa dikkatli bir şekilde çıkartılmaktadır. Bu işlem, destek yapısının özelliğine göre iki farklı şekilde gerçekleşmektedir. Eğer nesne standart yapıya sahip desteklerle üretildiyse, söz konusu destekler küçük bir bıçak yardımıyla rahatça temizlenmektedir. Bu durumun aksine üretim sırasında çözülebilir yapıya sahip destekler kullanıldıysa, nesne suyun veya özel bir sıvının içine bırakılmaktadır. Böylece destek yapısı kendiliğinden çözülür.

Üretilen nesne destek yapısından arındırıldıktan sonra zımparalama, dolgu ve boyama gibi fiziksel düzenlemelere tabi tutularak nihai şekline kavuşturulmaktadır (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015). Herhangi bir nesnenin üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilebilmesi için atılması gereken adımlar ve üretim sonrasında yapılması gereken işlemler Görsel 2.3'te özetlenmiştir.

Görsel 2.3: Üç Boyutlu Yazıcının Üretim Süreci



2.4. ÜÇ BOYUTLU YAZICI ÇEŞİTLERİ

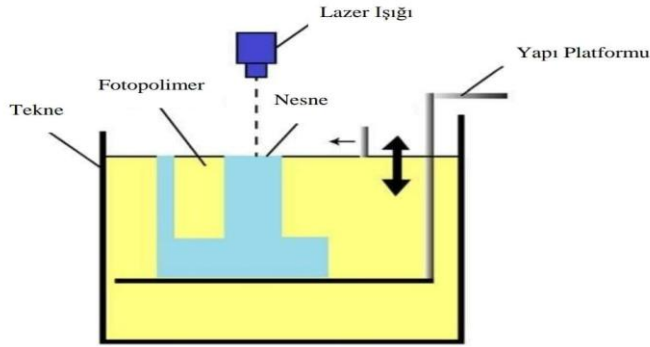
Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin birçok çeşidi mevcuttur. Bu çeşitler kullandıkları ham madde, sahip oldukları çalışma anlayışı ve tercih edildikleri endüstri kolları gibi konularda birbirinden ayrılmaktadırlar. Ancak belirtilen farklılıklara rağmen var olan tüm üç boyutlu yazıcı çeşitlerinin nihai amacı prototip ve işlevsel nesneler üretmektir (Shahrubudin, Lee ve Ramlan, 2019). Üç boyutlu yazıcı teknolojisini geliştirmek ve kullanımının artırılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirmek adına, bu teknoloji hakkında detaylı ve sağlıklı bir bilgi ortamı yaratmak için standart bir sınıflandırma yapılması gerekliliği gün yüzüne çıkmıştır. Bugüne kadar farklı sınıflandırmalar yapılarak bu konuya dair ortak bir anlayış geliştirilmeye çalışılmıştır (Kruth, 1991; Levy, Schindel ve Kruth, 2003; Pham ve Gault, 1998). Bu konuda yapılmış olan dikkat çekici sınıflandırmalardan biri de American Society for Testing and Materials (ASTM)'e aittir. Söz konusu sınıflandırmada üç boyutlu yazıcı teknolojisi; vat photopolymerization, powder bed fusion, binder jetting, material extrusion, sheet lamination, directed energy deposition ve material jetting olmak üzere yedi ana gruba

ayrılmıştır (ASTM, 2012). Sınıflandırma aşamasında genel olarak; yazıcıların çalışma anlayışları, üretim sürecinde kullandıkları ham maddeler ve tercih edildikleri alanlar başta olmak üzere çeşitli başlıklar göz önüne alınmıştır. Bu bölümde ASTM'nin yapmış olduğu sınıflandırmadan yola çıkılarak, üç boyutlu yazıcı çeşitleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

2.4.1. Vat Photopolymerization

Vat photopolymerization, icat edilen ilk üç boyutlu yazdırma tekniğidir ve günümüzde oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır (Melchels, Feijen ve Grijpma, 2010). Bu teknik, fotopolimer adı verilen reçinelerden üç boyutlu nesneler üretebilmek için ışık kaynağına ihtiyaç duymaktadır (Bagheri ve Jin, 2019). Nesneler, içinde sıvı fotopolimer bulunan tekneye ultraviyole ya da lazer ışığı gönderilerek üretilmektedir. Bunun için öncelikle yapı platformu sıvı fotopolimerin içine daldırılmaktadır. Daha sonra tekneye bir ışık kaynağı gönderilmektedir. Fotopolimer, ışıkla temas ettiği andan itibaren tepkimeye girerek sertleşmeye ve katı bir forma dönüşmeye başlamaktadır. İşlem tamamlandığında teknenin içi boşaltılmakta ve nesne alınmaktadır (Xu, vd., 2021). Vat photopolymerization tekniği, büyük modellerin üretimine olanak tanımakta ve bu işlemi hızlı bir şekilde tamamlamaktadır. Bu teknik ile oldukça detaylı, kaliteli ve pürüzsüz nesneler elde edilmektedir (Quan, vd., 2020). Ancak bu teknik, üretim sırasında destek yapılarına ihtiyaç duyan (Salmi, vd., 2016) ve üretimden sonra birtakım ek işlemler gerektiren pahalı bir tekniktir (Davoudinejad, vd., 2018). Ayrıca kullandığı ham maddeler, ışığa maruz kaldığında sertleşebilen malzemelerle sınırlıdır (Li, vd., 2019). Vat photopolymerization tekniğiyle çalışan en yaygın üç boyutlu yazıcı modelleri SLA, Digital Light Processing (DLP) ve Continuous Digital Light Processing (CDLP)'dir (Nazir, vd., 2019). Bu teknik otomotiv, havacılık ve uzay, tıp ve mimari başta olmak üzere birçok sektörde çeşitli üretimleri gerçekleştirmek için tercih edilmektedir (Sachdeva, vd., 2022). Vat photopolymerization tekniğinin çalışma prensibi Görsel 2.4'teki gibidir.

Görsel 2.4: Vat Photopolymerization Tekniğinin Çalışma Prensibi



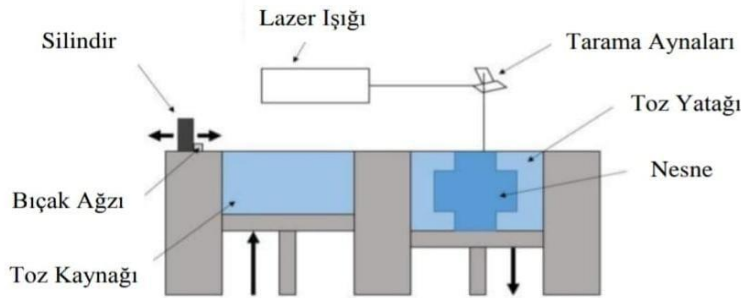
Kaynak: Sachdeva, vd., 2022: 17212

2.4.2. Powder Bed Fusion

Powder bed fusion, toz hâline getirilmiş olan polimer veya metalleri lazer ya da elektron ışığından gelen enerji yardımıyla eriterek üç boyutlu nesne hâline dönüştürmektedir (Vock, vd., 2019). Bunun için öncelikle kullanılan ham madde, silindir yardımıyla yapı platformunun üzerine ince bir tabaka hâlinde yayılmaktadır. Enerji kaynağından gönderilen ışık, ham maddeyi eriyik hâle getirerek birleştirmektedir. Daha sonra silindir yardımıyla tamamlanan katmanın üzerine yeni bir toz tabaka yayılmaktadır. Bu yeni toz tabakası da aynı işlemlerden geçerek bir bütün hâline gelmektedir. Söz konusu işlem, üç boyutlu nesne elde edilene kadar devam etmektedir (Singh, vd., 2020). Powder bed fusion tekniği, geniş bir ham madde skalasına sahiptir (Kruth, vd., 2005). Bu ham maddeler vasıtasıyla karmaşık geometrilere sahip olan nesneleri hızlı bir şekilde (Bertoli, vd., 2017) dayanıklı, kaliteli ve ayrıntılı olarak üretmektedir (Awad, vd., 2021). İşlem sırasında ışığa maruz kalmadığı için erimeyen tozlar, yapım aşamasında nesne için destek sağladığından dolayı ek destek yapısına gerek kalmamaktadır (Markl ve Körner, 2016). Ayrıca bu teknik üretimi çok az atıkla tamamlamaktadır (Ceccanti, Giorgetti ve Citti, 2019). Ancak büyük modellerin üretiminde zorlanmaktadır (Bhavar, vd., 2017). Ham madde üzerine yönlendirilen ışık, zaman zaman nesnelerin yüzeylerinde bozulmalara neden olmaktadır (Matthews, vd., 2016). Üretilen nesnelerin kalitesini arttırmak için ek işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Cao, vd., 2021). Ayrıca bu tekniğin üretim sırasındaki enerji tüketimi fazladır (Priarone, vd., 2018). SLS, Selective Laser Melting (SLM), Electron Beam Melting (EBM) ve Direct Metal Laser Sintering (DMLS), powder bed fusion tekniğiyle çalışan üç boyutlu yazıcı modelleridir (Nazir, vd., 2019). Bu teknik savunma (Lou, vd., 2019), tıp (Hossain, vd., 2016), havacılık ve uzay, otomotiv

(Schmitt, vd., 2018) ve kuyumculuk (Khorasani, vd., 2020) alanlarında etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Powder bed fusion tekniğinin üretim aşamasında görevli olan elemanlar ve bu tekniğin çalışma anlayışı Görsel 2.5'teki gibidir.

Görsel 2.5: Powder Bed Fusion Tekniğinin Çalışma Prensibi



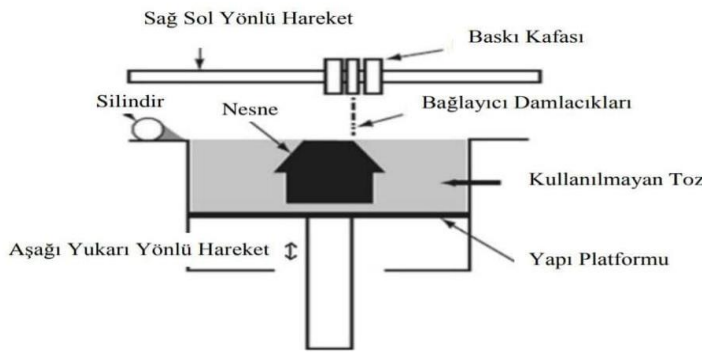
Kaynak: Echeta, vd., 2020: 2652

2.4.3. Binder Jetting

Genellikle 3DP olarak bilinen bu teknik, toz yatağı tabanlı bir eklemeli imalat teknolojisidir. Binder jetting, üç boyutlu nesne oluşturmak için toz bazlı bir ham madde ve sıvı bazlı bir bağlayıcı kullanmaktadır (Gonzalez, vd., 2016). Öncelikle toz hâlindeki ham madde, silindir tarafından yapı platformunun üzerine ince bir tabaka şeklinde yayılmaktadır. Ardından nozul, toz parçacıklarının üzerine sıvı hâldeki bağlayıcıyı püskürtmektedir. Bu işlem tozların katılarak birbirlerine yapışmalarını sağlamaktadır. Daha sonra tamamlanan katmanın üzerine silindir tarafından yeni bir toz tabakası yayılmaktadır. Bu yeni toz tabakası da bağlayıcı sayesinde bir bütün hâline gelmektedir. Söz konusu işlem, üç boyutlu nesne elde edilene kadar devam etmektedir (Meteyer, vd., 2014). Binder jetting, toz yatağı tabanlı teknolojiler arasında yer alan powder bed fusion ile benzer özelliklere sahiptir. Binder jetting tekniğinin üretim sürecinde herhangi bir enerji kaynağı yerine bağlayıcı kullanması, bu iki tekniği birbirinden ayıran en önemli farklılıktır. Söz konusu farklılık, enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Dolayısıyla üretim, oldukça uygun maliyetlerle tamamlanmaktadır. Ayrıca üretim sırasında birden fazla nozul kullanabilen binder jetting, bağlayıcıyı aynı anda farklı noktalara püskürterek süreci hızlandırmaktadır. Bu tekniğin üretim esnasında kullandığı ham madde türü oldukça çeşitlidir. En çok tercih edilenler kum, seramik, cam, polimer, çelik ve metaldir (Xu, vd., 2015). Binder jetting, söz konusu ham maddeler ile büyük boyut ve karmaşık yapıya sahip olan nesneleri kolaylıkla üretmektedir (Lee, Nandwana

ve Simunovic, 2022). Son olarak işlem sırasında bağlayıcı ile etkileşime girmeyen tozlar yapım aşamasında nesne için destek sağladığından dolayı, bu teknikte ek destek yapısına ihtiyaç duyulmamaktadır (Bai ve Williams, 2018). Ancak binder jetting diğer tekniklere kıyasla düşük yoğunlukta üretimler gerçekleştirdiği için, nesnelerin yüzeyinde bozulmalar meydana gelmektedir. Yüksek pürüzlülük ve düşük çözünürlük, üretim sonunda karşılaşılan en önemli sorunlardır. Ayrıca bu teknikle üretilen nesneler kırılgan bir yapıya sahiptir (Watters ve Bernhardt, 2017). Bu dezavantajları en aza indirmek için birtakım ek işlemlerin yapılması gerekmektedir (Miyanaji, vd., 2018). Binder jetting tekniğiyle çalışan en popüler üç boyutlu yazıcı modelleri Multi Jet Fusion (MJF) ve Single Pass Jetting (SPJ)'dir (Nazir, vd., 2019). Bu teknik tıp (Xu, vd., 2015), gıda (Holland, Tuck ve Foster, 2018) ve elektronik (Gaytan, vd., 2015) alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bir nesnenin binder jetting tekniği ile üretilme süreci Görsel 2.6'da gösterildiği gibidir.

Görsel 2.6: Binder Jetting Tekniğinin Çalışma Prensibi



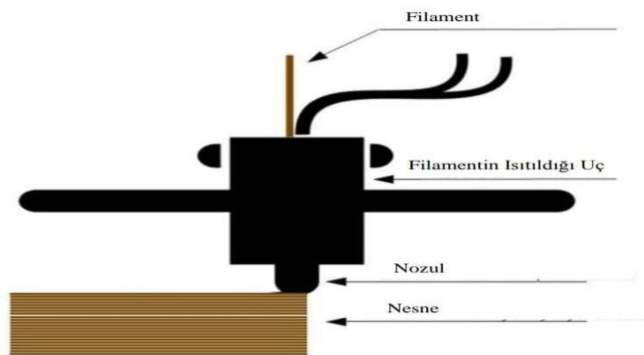
Kaynak: Gibson, Rosen ve Stucker, 2015: 206

2.4.4. Material Extrusion

Material extrusion, diğer tekniklerin aksine hobi amacıyla kullanıma da olanak tanıdığı için günümüzde mevcut olarak kullanılan en yaygın üç boyutlu yazdırma tekniğidir (Torrado, vd., 2015). Bu teknikte ham madde, sağa ve sola doğru hareket eden nozuldan yukarı ve aşağı doğru hareket eden baskı platformuna gönderilmektedir. Aynı zamanda bir ısı kaynağına maruz bırakılarak eriyik hâle getirilmektedir. Eriyen ham madde, aşağıdan yukarıya doğru katman katman hâlinde üst üste yığılarak üç boyutlu nesneyi oluşturmaktadır (Sun, vd., 2008). Geniş bir ham madde çeşitliliğine sahip olan bu teknik, üretim için genellikle polimer ve plastikleri kullanmaktadır (Guo ve Leu,

2013). Bu tekniğin üretim aşamasında kullandığı ham maddeler ulaşılabilir ve ayrıca yapısal özellikleri de oldukça iyidir (Kim, Lee ve Kim, 2018). Son derece kolay bir kullanıma sahip olan material extrusion tekniği (Bikas, Stavropoulos ve Chryssolouris, 2016), karmaşık şekillere sahip olan nesneleri tek parça hâlinde (Antony, Cherouat ve Montay, 2020) ve oldukça uygun maliyetlerle üretmektedir (Franchetti ve Kress, 2017). Bu teknik bir yandan çeşitli endüstri kollarında hızlı prototipleme amacıyla kullanılırken (Shah, vd., 2019) diğer yandan özelleştirme amacıyla bireyler tarafından da kullanılmaktadır (Goh, vd., 2020). Ancak bu teknikle üretilen nesnelerin yüzey kalitesi düşüktür (Butt, Bhaskar ve Mohaghegh, 2021). Çünkü nozulun sahip olduğu yarıçap nesne kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Gleadall, Ashcroft ve Segal, 2018). Ayrıca üretim esnasında ısıdan kaynaklı olarak zaman zaman nesnelerin yüzeyinde bozulmalar meydana gelmektedir (Turner ve Gold, 2015). Üretilen nesnenin kalitesi arttıkça üretim süresi de artmaktadır. Dolayısıyla diğer tekniklere göre üretim hızı yavaş kalmaktadır (Aminzadeh, vd., 2021). Bu teknik üretim esnasında destek yapısına ihtiyaç duymaktadır (Kuipers, Wu ve Wang, 2019). Son olarak üretilen nesnenin yüzeyinde iyileştirmeler yapmak için ek işlemler gerekmektedir (Schuh, vd., 2020). Material extrusion tekniğiyle çalışan en yaygın üç boyutlu yazıcı modelleri FDM, Fused Filament Fabrication (FFF) ve Atomic Diffusion Additive Manufacturing (ADAM)'dir (Nazir, vd., 2019). Bu teknik tıp, havacılık ve uzay, savunma (Seppala, vd., 2017) ve otomotiv (Rosales, vd., 2019) başta olmak üzere birçok sektörde çeşitli üretimleri gerçekleştirmek için tercih edilmektedir. Material extrusion tekniğinin çalışma prensibi Görsel 2.7'deki gibidir.

Görsel 2.7: Material Extrusion Tekniğinin Çalışma Prensibi

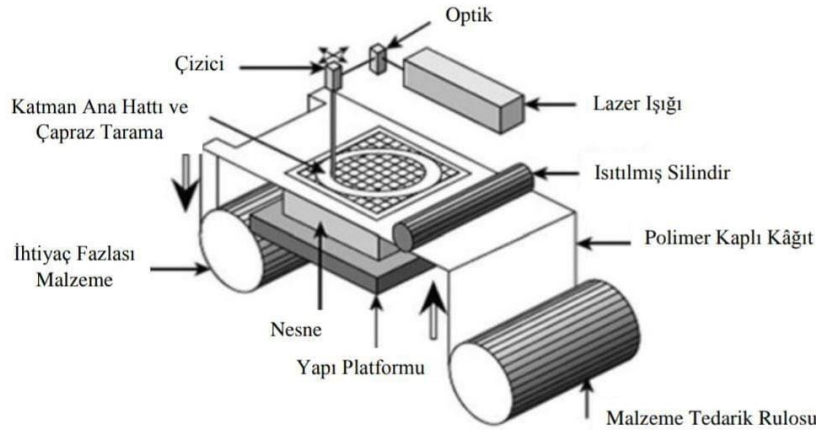


Kaynak: Terry, Fidan ve Tantawi, 2021: 134

2.4.5. Sheet Lamination

Sheet lamination, lazer ışığı yardımıyla ham maddelere şekil vererek üç boyutlu nesneler üreten bir tekniktir (Tolochko ve Sokol, 2021). Bu teknikte üretim genel olarak iki farklı şekilde gerçekleşmektedir. Birinci yöntemde, seçilen ham madde lazer ışığıyla şekillendirilmekte ve yapı platformuna yerleştirilmektedir. Ardından gelen yeni ham madde yine aynı anlayışla işlenmekte ve bir önceki katmanın üzerine yapıştırılmaktadır. Bu işlem, üç boyutlu nesne elde edilene kadar devam etmektedir. İkinci yöntemde ise, ham madde yine aynı aşamalardan geçmektedir. Burada yalnızca işlem sırası değişmektedir. Seçilen ham madde öncelikle üst üste yapıştırılmış şekilde bir bütün olarak yapı platformuna yerleştirilmektedir. Daha sonra lazer ışığı harekete geçerek ham maddeye şekil vermekte ve üç boyutlu nesneyi oluşturmaktadır (Zhang, vd., 2018). Sheet lamination, işlevsel nesnelerin üretimi için uygun değildir. Dolayısıyla bu tekniğin mevcut kullanımı, gösteri amaçlı estetik prototipler ve basit nesnelerin üretimiyle sınırlıdır (Bhatt, vd., 2019). Bu teknik üretim esnasında kolay ulaşılabilir ve ucuz olan kâğıt, polimer, plastik, seramik ve metal gibi ham maddelerden yararlanmaktadır (Kumta, vd., 2015). Çok malzemeli katmanlara (Terrazas, vd., 2014) ve tam renkli baskılara sahip olan nesneleri (Li, vd., 2021) kısa süre içinde uygun maliyetlerle üretmektedir (Novakova-Marcincinova ve Novak-Marcincin, 2013). Üretim sırasında artakalan kısımlar doğal destek görevi gördüğü için bu teknikte destek yapısına ihtiyaç duyulmamaktadır (Zindani ve Kumar, 2019). Ancak ürettiği nesnelerin kalitesi oldukça düşüktür. Dolayısıyla birtakım fiziki düzenlemeler yapmak için ek işlemler gerekmektedir (Kechagias, 2007). İçi boş olan nesneleri üretmekte zorlanmaktadır (Kamrani ve Nasr, 2010). Diğer tekniklere kıyasla oluşturduğu atık miktarı fazladır (Liao, Chiu ve Chiu, 2003). Laminated Object Manufacturing (LOM) ve Ultrasonic Additive Manufacturing (UAM), sheet lamination tekniğiyle çalışan üç boyutlu yazıcı modelleridir (Nazir, vd., 2019). Bu teknik otomotiv (Salifu, vd., 2022) ve elektronik (Buchanan ve Gardner, 2019) alanlarında etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Sheet lamination tekniğinin yapısı ve üretim sırasındaki çalışma anlayışı Görsel 2.8'deki gibidir.

Görsel 2.8: Sheet Lamination Tekniğinin Çalışma Prensibi



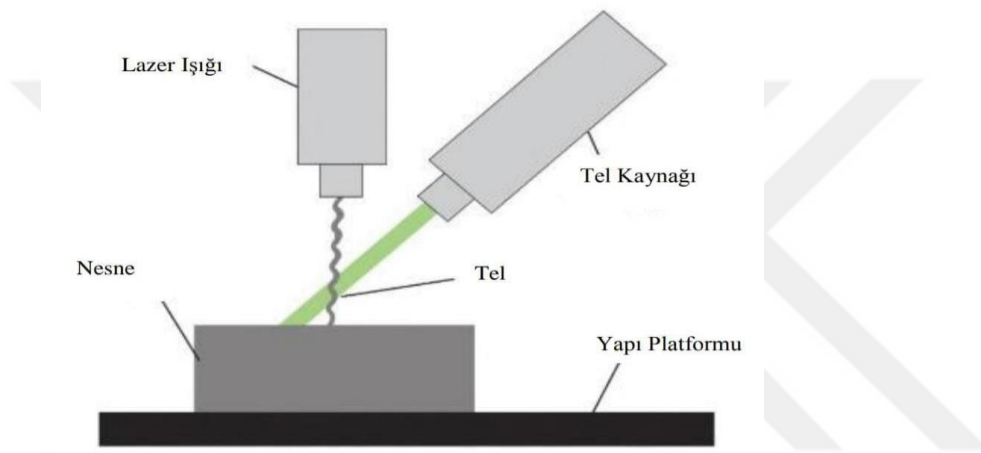
Kaynak: Wimpenny, Bryden ve Pashby, 2003: 214

2.4.6. Directed Energy Deposition

Directed energy deposition, üç boyutlu nesne üretmek için enerji kaynağı kullanan yazdırma teknolojileri arasında yer almaktadır (Tang, vd., 2020). Bu teknikte tel ya da toz hâlindeki ham madde nozuldan yapı platformuna gönderilirken aynı zamanda lazer veya elektron ışığına maruz bırakılarak eritilmektedir. Böylece katman katman biriktirilen ham maddeden üç boyutlu nesne elde edilmektedir (Svetlizky, vd., 2021). Ancak bu teknik, sıfırdan nesne üretmek yerine daha çok mevcut nesnelerin onarılmasında ya da mevcut nesnelere parça eklenmesinde kullanılmaktadır (Yang, vd., 2016). Bu tür işlemlerde metal, polimer ve seramik en çok tercih edilen ham maddelerdir (Reddy ve Dufera, 2016). Directed energy deposition, material extrusion tekniği ile benzer çalışma yapısına sahiptir. Aralarındaki en büyük farklılık, material extrusion tekniğinde nozul üç eksen arasında hareket ederken directed energy deposition tekniğinde çok eksenli bir kol üzerine monte edilmiş olan nozul dört ve hatta beş eksen arasında hareket hâlinde (Kumaresan, vd., 2021). Yüksek ham madde çeşitliliğine sahip olan bu teknik, üretimi hızlı bir şekilde tamamlamaktadır (Kim, Kang ve Lee, 2019). Karmaşık geometrilere ve büyük boyutlara sahip olan nesneleri kolaylıkla üretmektedir (Park, vd., 2016). Elde edilen nesneler oldukça kaliteli ve dayanıklıdır (Tofail, vd., 2018). Aynı zamanda orijinal görüntülerine oldukça yakındır (Carroll, Palmer ve Beese, 2015). Diğer tekniklerin aksine onarım uygulamalarında da aktif olarak kullanılmaktadır (Ahn, 2021). İşlem sonrasında oldukça az atık bırakmaktadır (Dâvila, vd., 2020). Ancak bu teknik işlem sırasında destek yapısı kullanmadığı için girintili çıkıntılı özelliklere sahip

nesnelerin üretiminde zorlanmaktadır (Ruan, vd., 2007). Üretim sonrasında ek işlemler gerektirmektedir (Dâvila, vd., 2020). Diğer tekniklere göre pahalıdır (Liu, vd., 2018). Directed energy deposition tekniğiyle çalışan en popüler üç boyutlu yazıcı modelleri Laser Engineered Net Shaping (LENS), Electron Beam Additive Manufacturing (EBAM) ve Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)'dir (Nazir, vd., 2019). Bu teknik havacılık ve uzay (Tang, vd., 2020), denizcilik (Ya ve Hamilton, 2018) ve savunma (Sandgren, vd., 2016) alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bir nesnenin directed energy deposition tekniği ile üretim aşaması Görsel 2.9'da gösterildiği gibidir.

Görsel 2.9: Directed Energy Deposition Tekniğinin Çalışma Prensibi



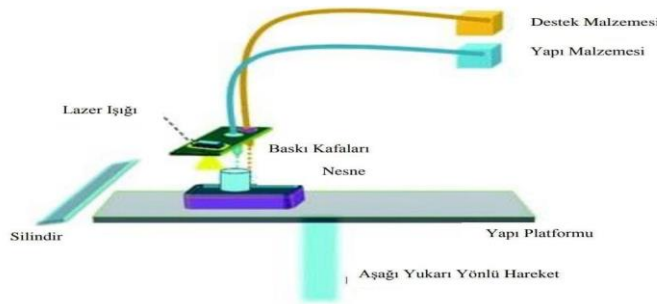
Kaynak: Pontes, 2021: 260

2.4.7. Material Jetting

Material jetting, mürekkep püskürtmeli yazıcılarla benzer şekilde üç boyutlu nesneler üreten bir baskı teknolojisidir. Bu teknikte damlalar hâlinde bulunan ham madde, yatay olarak hareket eden nozuldan yapı platformuna püskürtülerek katman katman biriktirilmektedir. Aynı zamanda ultraviyole ışığa maruz bırakılarak katı bir hâl almaktadır. İşlem, üç boyutlu nesne elde edilene kadar devam etmektedir (Moore ve Williams, 2015). Material jetting, sıvı hâldeki ham maddenin bir enerji kaynağı yardımıyla katı forma dönüştürülmesi noktasında vat photopolymerization tekniğine benzemektedir (Sturm, vd., 2019). Bu teknikte yalnızca damla formundaki ham maddeler kullanılmaktadır. Dolayısıyla ham madde noktasında bir sınırlılık söz konusudur (Methani, vd., 2020). Kolaylıkla damla hâline dönüşebilen yapışkan yapılı polimer ve mumlar, material jetting tekniğinde en çok kullanılan ham maddelerdir (Tofail, vd., 2018). Bu teknik, üretim sırasında değişikliğe imkân sağlayarak birden fazla ham

maddenin kullanımını desteklemektedir (Bass, Meisel ve Williams, 2016). Büyük boyuta sahip nesneleri kolaylıkla üretmektedir (Stojanovic, vd., 2014). Üretilen nesneler son derece kaliteli, pürüzsüz, ayrıntılı ve gerçekçidir (Lee, vd., 2015). Dolayısıyla üretim sonrasında ihtiyaç duyulan ek işlem sayısı oldukça azdır (Udroiu ve Mihail, 2009). Ayrıca diğer tekniklere göre daha düşük miktarda atık üretmektedir (Zhang, vd., 2019). Ancak material jetting, üretim esnasında destek malzemesi kullanımını gerektiren (He, vd., 2017) pahalı bir tekniktir (Cheng, Chang ve Kuo, 2020). Bu teknikle üretilen nesneler hassas bir yapıya sahiptir (Mohanavel, vd., 2021). Material jetting tekniğiyle çalışan en yaygın üç boyutlu yazıcı modelleri Polyjet ve MultiJet Printing (MJP)'dir (Nazir, vd., 2019). Bu teknik tıp (Mohammed, vd., 2018), kuyumculuk (Bikas, Stavropoulos ve Chryssolouris, 2016) ve otomotiv (Sarvankar ve Yewale, 2019) başta olmak üzere birçok sektörde çeşitli üretimleri gerçekleştirmek için tercih edilmektedir. Material jetting tekniğinin çalışma prensibi Görsel 2.10'daki gibidir.

Görsel 2.10: Material Jetting Tekniğinin Çalışma Prensibi



Kaynak: Sireesha, vd., 2018: 22462

2.5. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ AVANTAJLARI

Toplumsal bütün, insanların çeşitli ihtiyaçlarının giderilmesinden sorumlu olan bir yapılanmadır. Ekonomik, politik, sosyal, kültürel ve teknolojik sistem bir araya gelerek bu yapılanmayı oluşturmaktadır. Toplumsal bütünü var eden bu sistemler, aynı zamanda karşılıklı şekilde birbirlerini etkileyerek sürekli bir gelişim hâlinde dirler (Erkan, 2013). Bunlar arasında gündelik yaşamı en çok etkileyen ve yönlendiren sistem, teknolojik sistemdir (Bingöl, 2018). Teknoloji her şeyden önce, uygarlığın ilerlemesinde en önemli pay sahibi olan alandır (Özensoy, 2014). Bu alan, ortaya çıktığı ilk andan itibaren insanlığa birçok fayda sağlamıştır (Açık ve Güven, 2012). İnsanlar bu faydalardan yararlanarak hayatı kolaylaştırmak amacıyla teknolojiyi sürekli geliştirmişler

ve her dönem çeşitli teknolojik araçlar icat etmişlerdir (Öcal ve Altıntaş, 2018). Bu teknolojik araçların bazıları görevini yerine getirdikten sonra tarih sahnesine karışırken bazıları ise zaman zaman güncellemelere uğrayarak günümüze kadar ulaşmıştır. İcat edildiği günden bu yana çeşitli yenilikler geçirerek günümüze ulaşan teknolojilerden biri üç boyutlu yazıcıdır. Tüm teknolojik araçlar gibi, üç boyutlu yazıcının da insanlığa sağlamış olduğu birçok avantaj vardır. Bu avantajlar, üç boyutlu yazıcı teknolojisini çekici hâle getirmekte ve kullanımını arttırmaktadır. Söz konusu avantajları genel olarak aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Geleneksel üretim yöntemleri, emeğe dayalı iş gücüne ihtiyaç duymaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisinde ise iş gücüne ihtiyaç yoktur. Üretim yapabilmek için gerekli olan tek şey tasarımdır. Bu nedenle üretim sürecinde yalnızca yazıcı çalışmaktadır. Dolayısıyla iş gücüne ayrılan herhangi bir maliyet söz konusu değildir (Cozmei ve Caloian, 2012).
- Herhangi bir çalışma alanında ihtiyaç duyulan ekipmanların satın alınması ya da fiziksel bozulmalara uğramış olanların onarılması pahalı olabilmektedir. Üç boyutlu yazıcı sayesinde ihtiyaç duyulan bir ekipman, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha ucuza üretilmektedir. Ayrıca fiziksel bozulmalara uğramış olanlar da yine bu teknoloji sayesinde daha ucuza onarılmaktadır (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016).
- Üç boyutlu yazıcının bulunduğu her yerde üretim yapılabilir. Dolayısıyla bu teknoloji, uzak mesafelerden sipariş verme mecburiyetini ortadan kaldırmaktadır. Bu sayede mesafeleri kısaltarak taşımacılık maliyetlerini en aza indirmektedir. Ayrıca taşımacılık faaliyetlerinin her geçen gün azalmasını sağlayarak karbon ayak izinin yükselmesini önlemekte ve çevreyi korumaktadır (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015).
- Özel olarak ihtiyaç duyulan bir ürünün üretilmesi ve alıcıya ulaştırılması genellikle zaman alıcı bir süreçtir. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, montaj gibi birçok üretim sürecini ortadan kaldırarak nesneleri bir bütün hâlinde tek aşamada üretmektedir. Böylece üretim, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilerek zamandan tasarruf sağlanmaktadır (Vaezi, vd., 2013). Üç boyutlu yazıcının bu özelliği, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu hâlde bazı nedenlerden dolayı depolanamayan ürünlerin hızlıca üretilip ulaştırılması için önemlidir.

- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, kişiye özel tasarımlar geliştirme imkânı sunarak bireyleri toplu üretime bağlı olmaktan kurtarmaktadır. Bireyler, bu teknolojinin sağladığı çeşitli özgürlükler sayesinde elde edecekleri nesnenin şekil, boyut, renk ve ham madde gibi özelliklerine karar verebilmektedir. Böylece mütevazı bir çalışma odasında dahi kendi ilgi, istek ve ihtiyaçları doğrultusunda kişiselleştirilmiş ürünler üretebilmektedirler (McWhorter ve Delello, 2015).
- Geometrik açıdan karmaşık yapıya sahip olan nesnelerin geleneksel üretim yöntemleriyle elde edilmesi oldukça zor ve hatta zaman zaman imkânsızdır. Ancak üç boyutlu yazıcı teknolojisi, sahip olduğu geometrik esneklik sayesinde karmaşık yapılı nesneleri kolaylıkla yazdırabilmektedir (Gibson, Rosen ve Stucker, 2015).
- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, herhangi bir nesnenin seri üretimine geçilmeden önce prototipinin oluşturulması için kullanılmaktadır. Bu sayede kullanıcılara ürün hakkında ön bilgi sağlamaktadır. Böylece kullanıcılar da prototipi göz önüne alarak ürünün üretime hazır olup olmadığına karar vermektedirler (Mertz, 2013a).
- Ürünlerin korunmasını sağlayarak bozulmasını önlemek ve ihtiyaç duyulduğunda kullanıma hazır hâle getirmek amacıyla depolama faaliyetleri yapılmaktadır. Ancak bu işlem zaman zaman zahmetli ve masraflı olmaktadır. Üç boyutlu yazıcı sayesinde herhangi bir ürünün gerektiğinden fazla üretilip depolanmasına gerek yoktur. Çünkü bu teknoloji, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu ürünleri hızlı bir şekilde üretebilmektedir. Böylece depolama maliyetini de ortadan kaldırmaktadır (Petrick ve Simpson, 2013).
- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, üretim sürecinde çeşitli ham maddeler kullanılmaktadır. Plastik, ahşap, bakır, bronz, bambu ve naylon, baskı esnasında kullanılan ham maddelerden bazılarıdır. Üretimin yapıldığı alana ve üretilecek nesnenin özelliklerine göre kullanılacak olan ham madde değişkenlik göstermektedir. Bu özellik sayesinde kullanıcılar, kullanılacak olan ham maddeyi kendileri seçerek üretecekleri ürünün ne kadar dayanıklı ve esnek olacağını belirleyebilmektedirler (Bourell, vd., 2017).
- Çevre kirliliği ve doğal kaynakların giderek azalması, günümüzün ve geleceğin en önemli sorunları arasında yer almaktadır. Aşırı enerji tüketimi, bu sorunları tetikleyen başlıca nedenlerdendir. Söz konusu sorunlarla etkili şekilde mücadele

etmenin yollarından biri, enerji tasarrufu yapmaktır. Bu noktada enerji tasarrufu sağlayan araçların gündelik yaşamda sıklıkla kullanılmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Üç boyutlu yazıcı, enerjiden tasarruf ederek doğanın korunmasına katkı sağlayan araçlardan biridir (Lee, vd., 2017). Ayrıca bu teknoloji, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla işlem sonrasında daha az atık bırakmaktadır. Fakat son yıllarda kullanımının artmasıyla birlikte, üç boyutlu yazıcıdan geriye kalan atıkların ne olacağı sorusu gündeme gelmiştir. Çözüm olarak ise, bu atıkların filament üretiminde kullanılmak üzere geri dönüşüme kazandırılması konusunda çalışmalar yürütülmüştür. Şu an, baskı işlemi sonrasında oluşan atıklar geri dönüştürülerek tekrar filament hâline getirilmektedir. Buna ek olarak, gündelik hayatta kullandığımız plastik atıklar da filament üretimi için geri dönüşüme kazandırılmaktadır (Chong, vd., 2017).

2.6. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ DEZAVANTAJLARI

Ortaya çıktığı günden itibaren çeşitli gelişim aşamalarından geçen üç boyutlu yazıcı, günümüzün en önemli teknolojik araçları arasında yer almaktadır. Sahip olduğu eşsiz avantajlardan dolayı, bu teknolojinin kullanımını tercih eden kişi ve alan sayısında her geçen gün artış yaşanmaktadır. Ancak söz konusu avantajların yanı sıra, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin birtakım dezavantajlarının da olduğu göz ardı edilmemelidir. Üç boyutlu yazıcı; sağlık, çevre, telif hakkı ve yasa dışı üretim gibi önemli konularda suistimal edilmeye oldukça müsait bir teknolojidir. Bazı çevreler, üç boyutlu yazıcının toplumsal düzeni sarsabilecek bir teknoloji olduğu konusunda birtakım endişelere sahiptir (Greengard, 2013; Olla, 2015). Söz konusu teknoloji hakkında soru işaretleri yaratarak çeşitli endişelere sebebiyet veren dezavantajları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, iş gücünden bağımsız bir şekilde çalışmaktadır. Ayrıca bulunduğu her yerde üretim yapma imkânına sahip olduğu için, uzak mesafelerden sipariş verme zorunluluğunu da ortadan kaldırmaktadır. Bu iki önemli özellik, hem üretim hem dağıtım alanında büyük bir dönüşümü başlatmıştır (Palmer, 2015). Söz konusu dönüşüm, üretim ve dağıtım sürecini hızlandırıp maliyetleri azaltsa da gelecekte birçok kişinin işsiz kalmasına sebep olacaktır.
- Savunma sanayisi, askeri teçhizatların üretiminde üç boyutlu yazıcı teknolojisini etkili bir şekilde kullanmaktadır. Üç boyutlu baskı teknikleri vasıtasıyla en çok

üretilebilen teçhizatlardan biri silahtır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, silahlar bireysel kullanıcılar tarafından da kolaylıkla üretilebilir hâle gelmiştir. Bir silah sahibi olmak için gereken tek şey üç boyutlu yazıcıdır. Üç boyutlu yazıcıyla üretilen silahların tespit ve takip edilmesi mümkün değildir. Ayrıca imha edilmesi de kolaydır. Bu durumun farkında olan kötü niyetli kişiler, üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanarak silah üretmekte ve pazarlamaktadırlar. Bu teknoloji, piyasadaki yasa dışı silah sayısında artışa neden olmakta ve böylece potansiyel suçluların silaha ulaşmasını kolaylaştırmaktadır (Berkowitz, 2018).

- Üç boyutlu yazıcı ile kişiye özel tıbbi malzeme ve yapay organ üretilmektedir (Da Silva, vd., 2021). Ancak sağlık sektörü dışındaki kötü niyetli kişiler bu işi ticarileştirmek amacıyla kalitesiz malzeme ve organlar basarak insan sağlığını tehlikeye atmaktadırlar. Bu teknoloji, sağlık alanında ihtiyaç duyulan ilaçların üretiminde de sıklıkla kullanılmaktadır (Lind, vd., 2017). Ne yazık ki üç boyutlu yazıcı teknolojisinin bu özelliği de yine suistimal edilmeye oldukça müsaittir. Öyle ki, üç boyutlu yazıcı kullanılarak yasa dışı ilaç ve hatta uyuşturucu maddeler üretilmekte ve internet sitelerinde satılmaktadır. Zaten hâlihazırda yasa dışı ilaç ve uyuşturucu madde ticaretindeki durum iç açıcı değilken, üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile işler daha da kötüye gitmektedir (Olla, 2015).
- Gıda endüstrisi üç boyutlu yazıcı teknolojisini, yiyeceklerin pişirilmeden önceki şekillerini yazdırmak amacıyla kullanmaktadır. Ancak yazdırma sırasında kullanılan malzeme ve baskı işlemlerinin kansere yol açabileceği konusunda bazı şüpheler vardır (Olla, 2015).
- Kullanıcılar yaptıkları tasarımları çeşitli platformlarda birbirleriyle paylaşabilmektedir. Söz konusu platformlardan tasarımlara ulaşmak ve üzerlerinde birtakım değişiklikler yapmak oldukça basittir. Bu işlemler, kullanıcıların telif haklarını koruma altına alan kurallar çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Ancak yine de günümüzde telif hakkı ihlalleri önemli bir sorundur. Kullanıcı ve platform sayısı arttıkça, her geçen gün telif ihlalleri de artacaktır (Fadhel, Crowder ve Wills, 2015).
- Üç boyutlu yazıcı, taklit yeteneği yüksek bir teknolojidir. Bu teknoloji kullanılarak dünya üzerinde var olan herhangi bir nesnenin tıpa tıp benzeri üretilebilir. Ancak bu, suistimal edilmeye oldukça müsait bir özelliktir. Öyle ki,

tüketiciler zaman zaman orijinal ürün satın aldıklarını düşünüp dolandırılmaktadır (Karpjuweit, vd., 2021).

- Kapalı bir ortamda uzun süre çalıştırıldığı takdirde, üç boyutlu yazıcı çevreye gaz yaymaya başlamaktadır. Bu gazın kaynağı, yüksek sıcaklıkta eritilen filamenttir. Yazıcının kalitesi, türü ve çalışma ayarları ile filamentin kalitesi ve ham maddesi, yayılan gaz miktarını etkilemektedir. Öncelikle ortaya çıkan gaz, solunan havanın kalitesini bozmaktadır. Çevrede bulunan kişilerin gaza maruz kalması tehlikeli olabilir. Gazı soluyan kişilerde göz tahrişi, öksürme, hapsirme ve baş ağrısı gibi belirtiler gözlemlenebilir. Bu dezavantajdan kaçınmak için düşük salınımına sahip olan yazıcı ve filamentler kullanılmalı, yazıcının çalışma sıcaklığı düşürülmeli ve ortam havalandırılmalıdır (Bravi, Murmura ve Santos, 2019).

Üç boyutlu yazıcı nispeten güncel bir yenilik olduğu için, bu teknolojinin dezavantajlarına yönelik detaylı ve kapsamlı bir yasal düzenleme mevcut değildir. Var olan düzenlemeler ise günümüz şartlarına göre son derece yetersiz kalmaktadır. Söz konusu teknolojinin erişilebilir fiyatlara sahip olmasından dolayı, birçok kişinin yasaları ihlal etmek amacıyla bu teknolojiye yönelmesinden endişe duyulmaktadır. Dolayısıyla bir an önce üç boyutlu yazıcının neden olabileceği tehlikeler belirlenmeli ve bu tehlikelerin engellenebilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır (Berkowitz, 2018).

2.7. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ EĞİTİM ALANINDAKİ AVANTAJLARI

Ortaya çıktığı ilk günden itibaren, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin gelişmesini sağlamak amacıyla çeşitli çalışma ve projeler yürütülmüştür (Stemp-Morlock, 2010). Söz konusu çalışma ve projelerin meyvesi olarak birbirinden farklı özelliklere sahip yazıcı modelleri elde edilmiş (Shahrubudin, Lee ve Ramlan, 2019) ve üretim sırasında kullanılan ham madde sayısında artış yaşanmıştır (Ventola, 2014). Böylece hem yazıcı hem de ham madde fiyatlarında belirgin düşüşler meydana gelmiştir (Thomas, 2016). Fiyatların uygun seviyelere inmesine ek olarak yeni nesil yazıcıların boyutlarının küçülmesi (Kietzmann, Pitt ve Berthon, 2015) sayesinde söz konusu teknolojinin kullanımı her geçen gün biraz daha artmış ve zamanla popüler bir hâle gelmiştir (Ishengoma ve Mtaho, 2014). Günümüzde üç boyutlu yazıcı teknolojisi birçok alan tarafından etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Vaish ve Vaish, 2018). Söz konusu üretim teknolojisinin çeşitli amaçlarla kullanıldığı alanlardan bir tanesi de eğitimidir (Barreto, vd., 2022). Sahip olduğu gelişmiş özellikler ve düşük fiyat fırsatının yanı sıra

kullanıcılara sunmuş olduğu birtakım avantajlar, bu teknolojinin öğretim aracı olarak öğrenme ortamlarında yer almasını sağlamaktadır (Canessa, 2013). Öğrenme sürecinin etkili ve verimli şekilde yürütülebilmesi amacıyla birçok eğitim alanında kullanılan üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sahip olduğu eğitsel avantajları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, sahip olduğu bireyselleştirilmiş üretim özelliği sayesinde eğitim kademesi ve sınıf düzeyi fark etmeksizin her konuya uygun öğretim materyali üretebilmektedir. Ayrıca öğrenci ve öğretmenler, üç boyutlu yazıcıyla üretecekleri öğretim materyallerinin şekil, boyut ve renk gibi özelliklerini kendi ilgi, istek ve ihtiyaçları doğrultusunda belirleyebilmektedirler (McWhorter ve Delello, 2015).
- Öğrenme süreci içinde çeşitli öğretim materyallerinin kullanılması hem öğrenciler hem de öğretmenler açısından birçok fayda sağlasa da, günümüzde her konuya uygun öğretim materyali bulmak oldukça zordur. Bu yüzden öğretmenler çoğu zaman el becerilerini kullanarak öğretim materyali üretmek zorunda kalmaktadırlar. Ancak geleneksel yöntemlerle öğretim materyali oluşturmak zaman ve maliyet açısından zahmetlidir. Üstelik karmaşık yapıya sahip materyallerin üretimi de yoğun uğraş gerektirmektedir (Tarakçıoğlu, 2012). Oysaki üç boyutlu yazıcı teknolojisi, öğretim materyallerini geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve daha ucuz bir şekilde üretmektedir (Silver, 2019). Ayrıca geometrik esneklik özelliği sayesinde karmaşık yapıya sahip materyalleri de kolaylıkla oluşturarak öğretmenlerin üretim sürecine ayırması gereken emeği azaltmakta ve onların yüklerini hafifletmektedir (Zastrow, 2020).
- Herhangi bir dersin içeriğinde yer alan soyut kavramlar, hedef konunun anlaşılabilirliğini olumsuz yönde etkileyerek öğrenmeyi zorlaştırmaktadır (Soylu ve Memişoğlu, 2019). Bu durum, öğrencilerin derse yönelik olumsuz tutumlar geliştirmelerine neden olmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, söz konusu soyut kavramların somut bir şekilde sunulmasını sağlayarak konuların etkili bir şekilde öğretilmesini desteklemekte ve derse yönelik olumsuz tutumların ortadan kaldırılmasına yardımcı olmaktadır (Jaksic, 2015).
- Ders kitaplarındaki konuya ilişkin görselleri üç boyutlu öğretim materyallerine dönüştürerek (Bernard ve Mendez, 2020) öğrencilerin görme ve dokunma duyularını aktif hâle getirmekte ve böylece anlamlı ve kalıcı öğrenmelerin gerçekleşmesini sağlamaktadır (Kuzu Demir, vd., 2016).

- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi; öğrencilerin ayrıntılı bir şekilde inceleyebilecekleri gerçekçi öğretim materyalleri oluşturarak (Horowitz ve Schultz, 2014), onların konu hakkında gerekli bilgileri edinmelerine yardımcı olmaktadır (Halili, 2019).
- Karmaşık konu ve kavramları basit düzeye indirgeyerek öğrenciler için anlaşılır hâle getirmektedir (Smith ve Mader, 2017).
- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, öğrenme ortamına getirilmesi ve öğrenme ortamında incelenmesi imkânsız olan nesneleri temsil edecek öğretim materyalleri üretmektedir (Jaksic, 2015). Böylece öğrencilerin hedef nesneleri güvenli bir şekilde incelemelerine yardımcı olmaktadır (Özkılıç, 2013).
- Eğitim-öğretim faaliyetlerinin verimliliğini arttırmak adına bazı konuların öğretiminde eğitsel gezilerin düzenlenmesi gerekmektedir. Ancak zaman zaman çeşitli nedenlerden dolayı eğitsel gezilerin gerçekleşmesi mümkün olmayabilir. Bu durumda üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile ziyaret edilemeyen yapıları temsil edecek öğretim materyalleri üretilebilir. Böylece ziyaret edilemeyen yapılar öğrenme ortamına taşınmış olur (Wonjin, vd., 2016).
- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi öğrencilerin ilgisini derse çekerek, öğrenme sürecini eğlenceli bir hâle dönüştürmektedir. Böylelikle derse yönelik motivasyonların her zaman üst seviyede olmasını sağlamaktadır (Eisenberg, 2013).
- Üç boyutlu yazıcı, öğrenciler tarafından da kullanılabilen bir üretim teknolojisidir. Öğrenciler bu teknolojiyi kullanarak süreç içinde aktif rol almakta ve yaparak yaşayarak öğrenmektedirler. Ayrıca söz konusu teknolojinin ortaya çıkardığı deneyimsel öğrenme fırsatı sayesinde, öğretim programlarında belirtilen birçok beceri ve değere daha kolay bir şekilde ulaşmaktadırlar (Olla, 2015).
- Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim alanında kullandığı ham maddeler, fiziksel bozulmalara karşı dayanıklı olan öğretim materyallerinin elde edilmesini desteklemektedir. Dolayısıyla bu teknolojiyle üretilen öğretim materyalleri sert ve dirençli bir yapıya sahip olduklarından tekrar tekrar kullanılabilmektedirler (Zastrow, 2020). Ayrıca bu ham maddelerin içeriğinde insan sağlığını olumsuz şekilde etkileyecek bir bileşen bulunmadığından dolayı üç boyutlu yazıcı

vasıtasıyla üretilen öğretim materyalleri öğrenme sürecinde gönül rahatlığıyla tercih edilmektedir (Davachi ve Kaffashi, 2015).

2.8. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ EĞİTİM ALANINDAKİ DEZAVANTAJLARI

Çeşitli çalışma alanlarında uzun süredir kullanılmasına rağmen, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim alanında tercih edilmesi henüz yeni bir durumdur (Cochran, vd., 2016). Ancak söz konusu teknolojinin öğretim aracı olarak kullanımı yavaş ve istikrarlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. İlerleyen zamanlarda bu teknolojinin eğitim alanı için vazgeçilmez bir öğretim aracı olacağı düşünülmektedir. Öğrenci ve öğretmenlere sağlamış olduğu eşsiz avantajlardan dolayı eğitim alanının dikkatini çeken üç boyutlu yazıcının beraberinde getirdiği belli başlı dezavantajları da mevcuttur. Dolayısıyla öğrenme ortamlarında üç boyutlu yazıcı kullanılmadan önce bu dezavantajların dikkate alınması gerekmektedir (Karagöz ve Şahin Çakır, 2020). Söz konusu teknolojinin sahip olduğu eğitsel dezavantajları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Günümüzde öğretmenlerin büyük bir bölümünün üç boyutlu yazıcı teknolojisi hakkında sahip oldukları bilgi düzeyi son derece sınırlıdır. Ayrıca söz konusu teknolojiye yönelik herhangi bir eğitim de almamışlardır. Dolayısıyla birçok öğretmen üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanmayı bilmemektedir (Aslan, Durukan ve Batman, 2021).
- Okulların büyük çoğunluğu, üç boyutlu yazıcı teknolojisine sahip değildir. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcının eğitim alanında kullanımı hâlâ istenen seviyeye ulaşmamıştır. Ayrıca bu durum, öğretmenlerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi hakkında deneyim sahibi olmalarının önündeki en büyük engellerden biridir (Aslan, Durukan ve Batman, 2021).
- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi yüksek sıcaklıklarda üretim yaptığından dolayı, çalıştırıldıktan belli bir süre sonra çevreye gaz yaymaya başlamaktadır. Öğrenme ortamında bulunan kişilerin bu gaza maruz kalması sakıncalı olabilir. Bu yüzden üç boyutlu yazıcıyla üretim yapılmadan önce gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir (Bravi, Murmura ve Santos, 2019).
- Öğrenciler, açık kaynak şeklinde bulunan tehlikeli nesnelerin tasarımlarına internet üzerinden ulaşarak onları yazdırabilirler. Bu nedenle öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisini yalnızca öğretmenlerinin gözetimi altında kullanmaları gerekmektedir (Pîrjan ve Petroşanu, 2013).

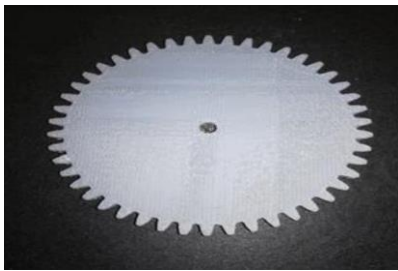
2.9. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ KULLANIM ALANLARI

Üç boyutlu yazıcı, ortaya çıktıktan sonraki ilk günlerde yalnızca endüstriyel alanlarda kullanılmış olan bir üretim teknolojisidir. Bu teknolojinin endüstri alanında tercih edilmesinin en önemli sebebi, ürün hakkında ön bilgi sağlayan prototipleri kolaylıkla üretebilmesidir. Üç boyutlu yazıcıyla elde edilen prototipler birtakım testlere tabi tutularak tasarımların üretime hazır olup olmadığına karar verilmektedir (Al Ruheili ve Al Hajri, 2021). Devasa büyüklüğe sahip olan boyutu, baskı sırasında kullanılabileceği ham madde çeşidinin azlığı ve hem kendisinin hem de ham maddelerin fiyatlarının pahalı olması gibi nedenler, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanımını sınırlandırmıştır (Afshar-Mohajer, vd., 2015). Ancak bu teknoloji her geçen gün gelişim göstererek söz konusu sınırlılıkları ortadan kaldırmıştır. Patent sürelerinin dolmasının ardından üç boyutlu yazıcı teknolojisi hakkındaki çalışma sayılarının artması ve çeşitli projelerin hayata geçirilmesiyle birlikte, kullanım amacına göre değişen özelliklere sahip çeşitli modellerdeki yazıcılar ortaya çıkmıştır (Cheng, vd., 2017). Birçok yeni yazıcı türünün pazara girmesiyle birlikte fiyatlarda düşüş yaşanmış ve üç boyutlu yazıcı endüstri dışındaki alanlar için de erişilebilir duruma gelmiştir (Thomas, 2016). Ayrıca kullanımının giderek kolaylaşması, boyutunun küçülmesi ve çeşidi artan ham maddelerin fiyatlarında meydana gelen düşüş sayesinde, üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanmayı tercih eden alanların sayısında artış yaşanmıştır (Sood, vd., 2012). Kullanım alanlarının giderek yaygınlaşmasına ve oldukça popüler bir hâle gelmesine rağmen bu teknoloji günümüzde hızlı şekilde gelişmeye devam etmektedir (Greengard, 2013). Ortaya çıktığı ilk günlerde yalnızca prototip oluşturmak amacıyla kullanılan üç boyutlu yazıcı teknolojisi, günümüzde doğrudan son ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Lei, vd., 2022). Şu an oyuncaktan gıdaya, yapay organdan arabaya, insanların ihtiyaç duyabileceği hemen hemen her nesneyi yazdırabilecek konuma ulaşmıştır (Olla, 2015). Adidas, Airbus ve Ford gibi dünya çapında üretim yapan ve küresel piyasaya yön veren birçok ünlü firma, üç boyutlu yazıcı teknolojisini benimsemiş durumdadır. Bu teknoloji, sahip olduğu potansiyel ve avantajlardan dolayı günden güne yayılarak neredeyse her alanı etkisi altına almayı başarmıştır. Yeniliğe ihtiyaç duyan alanlar için büyük bir nimet olan üç boyutlu yazıcı teknolojisi; endüstriyel tasarım (Kolomiets, vd., 2018), tıp (Javaid ve Haleem, 2018), havacılık ve uzay sanayi (Joshi ve Sheikh, 2015), otomotiv sanayi (Böckin ve Tillman, 2019), savunma sanayi (Tadjeh, 2014), mühendislik (Gao, vd., 2015), mimarlık, inşaat (Lim, vd., 2012), arkeoloji (Al-Baghdadi, 2017), spor (Meier, vd., 2019),

kuyumculuk (Ferreira, vd., 2012), mobilyacılık (Murmura ve Bravi, 2018), tekstil (Gardan, 2019), gıda (Kaur, vd., 2022) vb. birçok alanda kullanılmakta ve bu alanlar için her geçen gün standart bir ekipman hâline gelmektedir. Birbirinden farklı amaçlar doğrultusunda çalışmalar yürüten ve üç boyutlu yazıcı teknolojisini değişik zaman dilimlerinde benimseyen söz konusu alanlar, bu teknolojiyi kullanarak önemli işler gerçekleştirmektedirler.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, endüstri alanındaki üretim sürecinin desteklenmesi ve kolaylaştırılması amacıyla icat edilmiştir (Al Ruheili ve Al Hajri, 2021). Dolayısıyla üç boyutlu yazıcının en eski kullanım alanı endüstridir. Bu teknoloji ilk başlarda, tasarımları görsel hâle getirerek eksikliklerin tespit edilmesini sağlamak amacıyla prototip üretiminde kullanılmıştır. Zaman içinde göstermiş olduğu gelişimden dolayı günümüzde prototiplemeye ek olarak yedek parça üretimi ve onarımında, hatta üst düzey imalatlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır (Ramya ve Vanapalli, 2016). Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin endüstriyel alanlarda kullanılmasının en önemli sebepleri, hem zaman hem de maliyet açısından tasarruf sağlaması ve karmaşık yapıya sahip nesneleri bile kolaylıkla üretebilmesidir (Berman, 2012). Ancak her endüstriyel alanın bu teknolojiye aynı düzeyde etkilenmesi söz konusu değildir. Bazı çalışma alanları üretim sürecinin çoğunu üç boyutlu baskı kullanarak tamamlarken, bazı alanlarda ise bu teknoloji hiç kullanılmamaktadır (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016). Günümüzdeki asıl amacı prototip üretmek olan üç boyutlu yazıcı teknolojisinin oluşturmuş olduğu basit bir prototip örneğine Görsel 2.11’de yer verilmiştir.

Görsel 2.11: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Plastik Dişli Prototipi



Kaynak: Gbadeyan, Mohan ve Kanny, 2020: 622

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sağlık alanında kullanımı, diş implantı ve protez üretimi amacıyla başlamıştır (Gross, vd., 2014). Her geçen gün göstermiş olduğu gelişim neticesinde üç boyutlu yazıcının sağlık alanındaki kullanım amacı çeşitlenmiş ve sonuç olarak bu alan için önemli olan teknolojilerin arasına dâhil olmuştur. Günümüzde üç

boyutlu yazıcının üst düzey seviyede kullanıldığı alanların başında sağlık gelmektedir. Sahip olduğu bazı avantajlar, üç boyutlu yazıcıyı sağlık sektörü için çekici hâle getirmektedir. Kişiyi özel üretim yapma imkânı bu avantajların en önemlisidir. Üç boyutlu yazıcı kullanılarak protez ve implant gibi ekipmanlar ile ilaçlar, hastaların değişen özelliklerine göre kişiselleştirilmiş şekilde üretilmektedir (Banks, 2013). Bu ekipmanlar tedavinin başarı oranını yükseltirken, hastanın da daha çabuk iyileşmesini sağlamaktadır (Mertz, 2013b). Hızlı ve düşük maliyetli üretim, bu teknolojinin sağlık alanında tercih edilmesinin diğer nedenleridir (Paul, vd., 2018). Bu avantajlar, hastaların ekipmanlara ulaşmasını kolaylaştırmaktadır. Görsel 2.12’de, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sağlık alanındaki en büyük avantajlarından biri olan kişiselleştirilmiş üretim özelliği sayesinde oluşturulmuş bir protez el örneği görülmektedir.

Görsel 2.12: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Protez El



Kaynak: Cuellar, vd., 2019: 1123

Üç boyutlu yazıcının yapay doku ve yapay organ üretmesi ise sağlık alanında ulaşılmış olduğu en uç seviyedir (Kim, 2018). Organ naklinin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle hastaya uygun dokulara sahip bir bağışçı bulunmalıdır (Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014). Ancak günümüzde organ nakli bekleyen hasta sayısı ile bağışçı sayısı arasında ciddi bir fark vardır. Ayrıca bu ameliyatlar oldukça pahalıdır (Cui, vd., 2012). Günümüzde üç boyutlu baskı tekniği kullanılarak hastanın dokusuna uygun organların üretilmesi, bu sorunların giderilmesi için yeterlidir (Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014). Şu ana kadar kalp kapakçığı (Lueders, vd., 2014), yapay kulak (Mannoor, vd., 2013), yapay karaciğer (Özbolat ve Yu, 2013), çeşitli kemik türleri (Bose, Vahabzadeh ve Bandyopadhyay, 2013), nefes borusu (Bracci, Maccaroni ve Cascinu, 2013) ve damar (Esmaeili, vd., 2019) oluşturmak için bu teknolojiye yararlanılmıştır. Yapay doku ve yapay organlar ayrıca tıbbi araştırmalarda kullanılmak üzere de üretilmektedir. Örneğin ilaçların hastaya uygunluğu, özel olarak oluşturulan doku ve

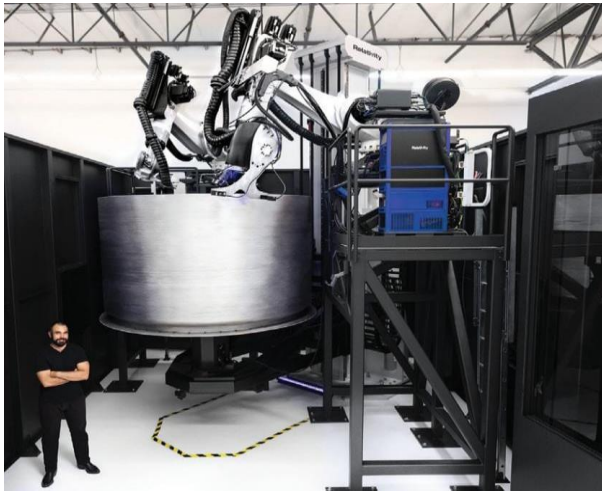
organlar üzerinde test edilerek belirlenmekte ve sonuca göre kişiye özel ilaçlar hazırlanmaktadır (Banks, 2013). Üç boyutlu yazıcı, gündelik yaşamda birçok insan tarafından sıklıkla kullanılan tıbbi malzemelerin üretiminde de kullanılmaktadır. İşıtme cihazı (Mpofu, Mawere ve Mukosera, 2014) ve diş teli bu teknolojiyle üretilen malzemelerin başında gelmektedir. İnsanların kulak kanalları ve çene yapıları birbirinden farklılık gösterdiği için günümüzde bu malzemelerin çoğunluğu kişiye özel şekilde üç boyutlu baskı tekniğiyle üretilmektedir (Banks, 2013). Ayrıca bu teknoloji doktorlar tarafından ameliyat öncesinde deneyim kazanmak amacıyla kullanılmaktadır. Doktorlar ameliyat sırasında oluşabilecek yanlışlıkların yaşanmasını önlemek için önceden hazırlık yapmaktadırlar. Bunun için ameliyat olacak hastanın anatomisini üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla yazdırarak, bu anatomi üzerinde ameliyat sırasında yapılacak işlemleri tekrar etmektedirler. Son olarak, tıp eğitiminde kadavranın yerini üç boyutlu yazıcıyla oluşturulmuş modeller almaya başlamıştır (Paul, vd., 2018). Tüm bunlara rağmen, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin hâlâ gelişme aşamasında olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla bu teknolojinin önemli uygulamalarda yer alabilmesi için zamana ihtiyaç vardır (Ursan, Chiu ve Pierce, 2013). Ancak görüldüğü üzere üç boyutlu yazıcıyla şimdiden çok önemli çalışmalara imza atılmıştır ve bu teknolojiyle sağlık alanında yapılan çalışmalara her geçen gün bir yenisi daha eklenmektedir (Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014). Üç boyutlu yazıcının mucidi Charles Hull bile, bu teknolojiyle sağlık alanında yapılan çalışmalar karşısında şaşkınlığını gizleyememektedir (Whitaker, 2014). Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin tıpta bir devrim yaratacağı kesindir (Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014).

Havacılık endüstrisi için üç boyutlu yazıcı teknolojisi yükselen trenddir. Sektörün önde gelen firmaları bu teknolojiyi birkaç yıldan beri kullanmaktadır. Bu duruma ek olarak her geçen gün yeni kullanıcılar ortaya çıkmakta ve havacılık endüstrisinde üç boyutlu yazıcı kullanımı giderek artmaktadır. Hava taşıtlarının üretiminde kullanılacak malzemelerin güçlü, dayanıklı ve aynı zamanda hafif olması gerekmektedir. Üç boyutlu yazıcı, söz konusu gereklilikleri yerine getirebilen bir üretim teknolojisidir. Dolayısıyla Airbus, Boeing, Pratt & Whitney ve Rolls-Royce gibi uluslararası üretimde söz sahibi olan prestijli havacılık şirketleri, jet motoru ve türbin motoru başta olmak üzere uçağın geri kalan parçalarını üretmek için üç boyutlu baskı teknolojisini kullanmaktadırlar (Zastrow, 2020). GE Aviation, turbofan motorlarda kullanılacak olan yakıt memelerini üç boyutlu baskı vasıtasıyla üretmektedir. Siemens,

Strata ve Etihad Airways ortaklığında yürütülen bir proje ile, uçağın iç kısmını oluşturan parçalar üç boyutlu yazıcı ile elde edilmiştir (Kumar ve Krishnadas Nair, 2017). 3T RPD şirketi ile Southampton Üniversitesi ortaklığında ise bir drone yazdırılmıştır (Highfield, 2013). Havacılık şirketlerinin üç boyutlu yazıcı teknolojisini tercih etmesinin diğer nedenleri, bu teknolojinin üretimde harcanan zamanı ve maliyeti azaltması, ayrıca karmaşık geometrilere sahip parçaları kolayca üretebilmesidir. Söz konusu nedenlerden dolayı, her yeni üretilen uçakta üç boyutlu yazıcıyla elde edilmiş parça sayısı artmaktadır (Zastrow, 2020).

Üç boyutlu yazıcı uzay endüstrisi için de oldukça önemli bir teknolojidir. Havacılık sektöründe yaşanan gelişmeler, uzay endüstrisini de yakından ilgilendirmektedir. Bu alanda da havacılık sektöründe olduğu gibi önemli çalışmalar yürütülmektedir. Örneğin National Aeronautics and Space Administration (NASA), tamamen üç boyutlu yazıcı kullanılarak bir roket motoru üretebilmek için çalışmaktadır (Quigley ve Lyne, 2014). Relativity Space isimli firma ise, Görsel 2.13'te yer alan "Terran 1" isimli dünyanın ilk üç boyutlu baskılı roketini sadece üç boyutlu yazıcı kullanarak üretmiştir (Zastrow, 2020).

Görsel 2.13: "Terran 1" İsimli Roketin Üç Boyutlu Yazdırılma Aşaması



Kaynak: Kuntanapreeda ve Hess, 2021: 144

Uzayda yaşam alanı oluşturmak, insanlığın gündemini uzun süredir meşgul eden konulardan biridir. Bunun için çeşitli zamanlarda uzaya astronotlar gönderilmiştir. Ancak astronotların ihtiyaç duyacakları her eşyayı yanlarında götürmeleri mümkün değildir. Dolayısıyla bu eşyaları gittikleri yerde kendileri üretmeleri gerekmektedir. İşte üç boyutlu yazıcı bu noktada kullanılacak olan teknolojidir. NASA ve Avrupa Uzay Ajansı, bu

konuda çeşitli çalışmalar yürütmektedir (Leach, 2014). Bu çalışmalar başarıya ulaştığı andan itibaren, astronotlar ihtiyaç duydukları eşyaların dünyadan gönderilmesini beklemek yerine onları üç boyutlu yazıcı aracılığıyla kendileri üreteceklerdir. Daha da çarpıcı olanı, bu teknolojinin uzayda kullanımı yalnızca eşya üretimiyle sınırlı kalmayacaktır. NASA, astronotlar için pizza yazdırabilecek bir gıda yazıcısına yatırım yapmaktadır (Highfield, 2013).

Üretim sürecinde kullandığı ham maddelerin arasına metalin de dâhil olmasıyla birlikte, üç boyutlu yazıcı otomotiv endüstrisinde tercih edilen bir teknoloji hâline gelmiştir (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016). Günümüzde otomotiv, üç boyutlu yazıcı teknolojisinden sıklıkla yararlanan endüstriler arasında yer almaktadır. Bu teknolojinin otomotiv endüstrisindeki en yaygın kullanımı yedek parça üretimidir (Elakkad, 2019). Üç boyutlu yazıcı geleneksel yöntemlerle elde edilmesi zor ve zaman alıcı olan karmaşık yapıları sorunsuz şekilde üretebilmektedir. Tasarım aşamasında çeşitli özgürlükler sunarak parçaların müşteri isteklerine uygun şekilde oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Üretimi bir bütün hâlinde gerçekleştirip montaj aşamasını ortadan kaldırarak zamandan tasarruf sağlamaktadır. Böylece ihtiyaç duyulan parçaları hızlı bir şekilde oluşturabilmektedir. Aynı zamanda geleneksel yöntemlere göre daha az ham madde kullanarak maliyetleri de azaltmaktadır. Bu olumlu özellikleri sayesinde, üç boyutlu yazıcı teknolojisi otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lim, C. W. J., vd., 2016). BMW, Mercedes, Bentley, Bugatti, Ford ve Volkswagen gibi otomotiv sektörünün önde gelen firmaları, genellikle yedek parça imalatında üç boyutlu yazıcı teknolojisinden yararlanmaktadırlar (Elakkad, 2019). Bu teknolojinin kullanımı konusunda başı çeken ve diğer firmalara da öncülük eden Ford motor silindir kafası, fren rotoru ve arka aks üretiminde üç boyutlu yazıcıdan faydalanmaktadır. Ayrıca araçların süsleme ve iç kaplama gibi çeşitli parçalarının üretiminde müşterilere seçenek sunarak özelleştirme imkânı sağlamaktadır (Sreehitha, 2017). Müşterilere özelleştirme fırsatı sunan bir başka firma BMW'dir. BMW aynı zamanda tampon ve plakaların arabaya monte edilmesi için kullanılan aletleri üç boyutlu yazıcıyla üretmektedir (Bogue, 2013). Mercedes üç boyutlu yazıcı sayesinde, talep üzerine yedek parça imalatı yapmaktadır (Song ve Zhang, 2020). Bentley gösterge panellerini, Bugatti ise fren kaliperlerini üretirken üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanmaktadır (Sarvankar ve Yewale, 2019). Söz konusu firmalar, üç boyutlu yazıcıdan oluşturdukları parçaları kullanarak hafif ağırlığa sahip araçlar üretmektedirler. Yükleri hafifleyen araçlar daha az yakıt tüketerek

çevreye fayda sağlamaktadırlar. Üç boyutlu yazıcı kullanılarak oluşturulan araçlar oldukça kaliteli ve güvenlidir (Lim, C. W. J., vd., 2016).

Her geçen gün biraz daha yaygınlaşmaya başlayan ve gelecekte dizel motorla çalışanların yerini alacak olan elektrikli arabaların üretim sürecinde de üç boyutlu yazıcı önemli rol üstlenmektedir (Lim, C. W. J., vd., 2016). Üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla elektrikli araba üretiminde önemli derecede yol alınmıştır. Bu alanda en büyük pay sahibi olan Tesla, ürettiği elektrikli araçların parçalarını üç boyutlu yazıcıyla oluşturmaktadır (Oluwale, 2017). Local Motors 2014 yılında dünyanın ilk üç boyutlu baskıya sahip elektrikli arabasını üretmiştir. Görsel 2.14'te yer alan "Strati" isimli aracın üretimi kırk dört saat sürmüştür. Bu aracın saatteki hızı yaklaşık altmış beş kilometredir. Tek bir şarjla yaklaşık yüz doksan beş kilometre mesafe katetmektedir (Shahrubudin, Lee ve Ramlan, 2019).

Görsel 2.14: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan İlk Araba "Strati"



Kaynak: Babu, vd., 2015: 1155

Daha sonra KOR EcoLogic, RedEye On Demand ve Stratasys ortaklığında "Urbee-2" isimli bir elektrikli araç daha üretilmiştir (Lim, C. W. J., vd., 2016). Görüldüğü üzere, üç boyutlu yazıcı otomotiv sektörü için son derece faydalı bir teknolojidir. Dolayısıyla otomotiv endüstrisi bu teknolojiyi benimsemiş durumdadır ve onu üretim sürecine daha fazla dâhil etmeye çalışmaktadır. Üç boyutlu yazıcı geliştikçe, otomotiv sektöründe daha kalıcı olacak ve bu teknolojiyle üretilen parçalar arabalarda daha sık şekilde kullanılacaktır (Elakkad, 2019).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi son yıllarda göstermiş olduğu büyük gelişimlerden ve kullanıcılar için sağladığı önemli fırsatlardan dolayı, yenilikçi bir yaklaşım olarak savunma sanayisinde de etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemlerin eksik

yönlerini iyi bir şekilde kapattığı için, savunma sanayi tasarım ve üretim aşamalarında bu teknolojiden sıklıkla yararlanmaktadır. Üç boyutlu yazıcının götürüldüğü her yerde hızlı bir şekilde üretim yapabilme özelliği, bu alanda tercih edilmesinin en önemli nedenidir. Örneğin herhangi bir askeri aracın en ufak aksanında meydana gelen problem, o aracın onarılana kadar savaş alanından tahliye edilmesine yol açmakta, bu nedenle yapılan hazırlıklar olumsuz şekilde etkilenmekte ve planlar değişmektedir. Ancak üç boyutlu yazıcı, araçların olduğu yerde hızlı bir şekilde onarılmasına yardımcı olarak bu tarz olumsuzlukları ortadan kaldırmaktadır (Thong ve Wen, 2016). Doğru bir şekilde kullanıldığı zaman askeri açıdan daha birçok fayda sağlamaktadır (Mikolajewska, vd., 2016). Üç boyutlu yazıcının sahip olduğu potansiyelleri fark eden savunma sanayi, kendisi için kritik bir öneme sahip olan bu teknolojiyi çeşitli askeri uygulamalarda test etmektedir. Bu teknoloji savaşta ve barışta kısa süre içinde üretimi zor olan araçları oluşturmak, düşük maliyetle kaliteli ekipmanlar elde etmek, teçhizatları daha işlevsel ve daha hafif hâle getirmek amacıyla kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcı günümüzde silah, uçak kanadı, motor parçaları ve iniş takımı tutucuları gibi birçok parçanın üretim ve onarım sürecinde önemli roller üstlenmektedir. Birleşik Krallık'taki Kraliyet Hava Kuvvetleri, bazı savaş jeti tiplerinde üç boyutlu baskı ile üretilmiş parçaların kullanıldığını açıklamıştır (Thong ve Wen, 2016). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi ihtiyaç anında kısa süre içinde üretim ya da onarım yaparak, çatışma sahasında yaşanan aksaklıklara karşı hızlı çözümler geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016). Böylece askerlerin taşınması gereken yük miktarı ve lojistik desteğe olan ihtiyaç azalmaktadır. Amerikan ordusu Afganistan'da gerçekleştirdiği operasyonlar sırasında bu yöntemi uygulamıştır. İçinde üç boyutlu yazıcı da dâhil olmak üzere birçok ekipman bulunan "Expeditionary Lab-Mobile" isimli konteyner savaş alanına konuşlandırılmıştır. Operasyonlar sırasında ihtiyaç duyulan birçok parça, Görsel 2.15'te yer alan konteynerdeki yazıcı vasıtasıyla üretilmiştir (Thong ve Wen, 2016).

Görsel 2.15: İçindeki Üç Boyutlu Yazıcılarla Askeri Üretim ve Onarıma Olanak Tanıyan "Expeditionary Lab-Mobile" İsimli Konteyner



Kaynak: Parsons, 2013: 22

Artık silah ve zırh gibi en temel teçhizatlar, hafif ve dayanıklı malzemeler kullanılarak üç boyutlu yazıcı aracılığıyla üretilmektedir. Böylece askerlerin taşıdıkları yük azalmakta ve kendilerini korumaları kolaylaşmaktadır (Mikolajewska, vd., 2016). Ayrıca üniformalar da askerlerin ihtiyaçlarına göre uyarlanarak üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla hazırlanmaktadır. Söz konusu üniformaların üzerindeki dikiş sayısı oldukça azdır. Bu özellik, sarp arazilerde uzun ve zorlu görevdeki askerlerin rahat hareket edebilmesi için oldukça önemlidir. Üç boyutlu yazıcı, şu ana kadar yapılan çalışmalar sonucunda oldukça başarılı işler ortaya koyarak savunma sanayi için kritik bir teknoloji olduğunu göstermiştir. Henüz gelişme aşamasında olan bu teknolojinin gelecek yıllarda savunma sanayinin vazgeçilmez bir parçası olacağı açıktır (Thong ve Wen, 2016). Günümüzde birçok ülkenin ordusu askeri amaçlar doğrultusunda bu teknoloji üzerine çalışmalar yürütmekte ve bu alanın birçok bölümünde tamamen üç boyutlu yazıcının kullanıldığı bir gelecek planlamaktadır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi mühendislik alanında prototipler oluşturmak için kullanılmaktadır. Tasarım aşamasında bulunan bir ürünün belirli aralıklarda prototipleri oluşturulmakta ve eksik ya da zayıf yönleri belirlenmektedir. Tespit edilen yetersiz noktalar üzerine yoğunlaşarak ürün geliştirilmektedir. Seri üretime geçilene kadar ürün üzerinde yapılan değişiklikler prototipler aracılığıyla test edilmekte ve elde edilen dönütler doğrultusunda ürüne nihai şekli verilmektedir. Üretilen yeni ürünlerin müşterilere tanıtılması amacıyla yine prototiplerden yararlanılmaktadır (Gao, vd., 2015). Aşağıda yer alan Görsel 2.16'da, üç boyutlu yazıcı teknolojisinden yararlanılarak oluşturulan bir jet motoru prototipi görülmektedir.

Görsel 2.16: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Jet Motoru Prototipi



Kaynak: Kumar ve Krihnadas Nair, 2017: 49

Üç boyutlu baskı mimarlık alanı için yeni bir modelleme tekniğidir. Bu alanda geliştirilen projeler ilgili kişilere sunulurken modellerden yararlanılmaktadır. Dolayısıyla modellerin olabildiğince fazla detaya ve ayrıntıya sahip olması gerekmektedir. Çünkü söz konusu detay ve ayrıntılar, hazırlanan projelerin iyi şekilde tanıtılmasını sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerle bir mimari yapının modelini oluşturmak oldukça zaman alıcı ve masraflı olduğu için, mimarlık alanında sunum amacıyla kullanılan modeller günümüzde üç boyutlu yazıcı teknolojisi aracılığıyla üretilmektedir. Ayrıca geleneksel yöntemlerle üretilen modellere karmaşık şekiller ve ayrıntılar eklemek oldukça zordur. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, son derece karmaşık şekillere ve çok sayıda ayrıntıya sahip olan modelleri kolaylıkla, kısa süre içinde ve uygun maliyetlerde üretmektedir. Bu modeller geleneksel yöntemlerle üretilenlere kıyasla daha iyi görselleştirme özelliğine sahiptir (Howeidy ve Arafat, 2017). Üç boyutlu yazıcı teknolojinin günümüzdeki gelişimini sürdürerek ilerleyen yıllarda mimarlık alanında önemli görevler üstlenmesi beklenmektedir (Mathur, 2015). Aşağıda yer alan Görsel 2.17’de, sahip olduğu özellikleri test etmek ve hakkında fikir edinmek için üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle üretilmiş olan bir duvar prototipi görülmektedir.

Görsel 2.17: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Duvar Prototipi



Kaynak: Jipa ve Dillenburger, 2022: 88

Teknoloji alanında yaşanan gelişmeler birçok sektörü derin şekilde etkilemekte ve onları değişime zorlamaktadır. Doğal olarak sektörler de kendilerini güncelleyerek yeniliklere ayak uydurmaya çalışmaktadırlar. Teknolojide meydana gelen gelişmeleri yakından takip eden alanlardan biri olan inşaat sektörü, bu konuda yenilikçi adımlar atmaktadır. İnşaat sektörü yapmış olduğu yenilikçi hamleler doğrultusunda, son olarak kendisi için önemli fırsatlar sağlayan üç boyutlu yazıcıyı yeni bir üretim teknolojisi olarak benimsemeye başlamıştır (Wu, Wang ve Wang, 2016). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, tasarım sürecinde özgürlükler sağlayarak karmaşık yapıya sahip konutların üretimini mümkün kılmaktadır. Çalışanların yaptığı çoğu işi üstlenerek üretim sırasında ihtiyaç duyulan emek gücünü en aza indirmektedir. Böylece çalışması gereken işçi sayısını azaltarak maliyetten tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca iş güvenliğinin daha kolay bir şekilde sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Dünya nüfusu her geçen gün biraz daha artmaktadır. Yaşanan nüfus artışı yoksulluğu da beraberinde getirerek şehirlerde gecekondulaşmaya yol açmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, geleneksel yöntemlere göre maliyetleri azaltarak yoksul kesimin ulaşabileceği uygun fiyatlı konutlar üretmekte ve gecekondulaşmanın önüne geçmektedir. Bu sayede yoksul insanların yaşam kalitesini de arttırmaktadır. Doğal afet ya da savaş gibi çevresel yıkıma sebep olan çeşitli nedenlerden dolayı konutlar hasar görmekte ve yenilerini inşa etmek uzun zaman almaktadır. İşçilerin aksine tüm gün boyunca aralıksız şekilde çalışan ve kötü hava koşullarında bile baskıya devam eden üç boyutlu yazıcı teknolojisi, konutları kısa bir süre içinde üretmektedir. Dolayısıyla bir an önce hazır olması gereken konutların üretiminde bu teknoloji kullanılmaktadır. İnşaat, doğal kaynakların tükenmesine neden olan ve üretim sırasında atık bırakarak çevre kirliliğine yol açan bir sektördür. Üç boyutlu baskı tekniği ise aksine üretim sırasında atık ya da geri dönüştürülebilir malzemeler kullanarak çevre dostu olmaya özen göstermektedir. İhtiyaç duyulacak kadar malzemeyle üretim yaparak israfı önlemekte ve geriye çok daha az atık bırakmaktadır. Geleneksel yöntemlere kıyasla daha az enerji tüketerek karbon ayak izinin artmasını engellemektedir. Bu baskı tekniğiyle inşa edilen konutlar oldukça dayanıklı ve güvenlidir. Ayrıca yüksek yalıtıma sahiptir. Bu sayede ortam sıcaklığını ideal seviyede tuttuğundan dolayı ısıtma veya soğutma için enerji kullanmaya gerek yoktur (Mathur, 2015). Tüm bu fırsatlar, üç boyutlu baskı teknolojisinin inşaat sektöründe kullanımına önayak olmuştur. Bu doğrultuda ilk kez Winsun isimli şirket tarafından 2014 yılında bir grup ev üç boyutlu baskı tekniği kullanılarak üretilmiştir. Söz konusu evlerden birine Görsel 2.18’de yer verilmiştir. 2015

yılında ise bir villa ile beş katlı bir apartmanın üretimi gerçekleştirilmiştir (Wu, Wang ve Wang, 2016).

Görsel 2.18: Winsun Tarafından Üretilen İlk Üç Boyutlu Baskılı Ev



Kaynak: Hager, Golonka ve Putanowicz, 2016: 294

2016 yılına gelindiğinde, üç boyutlu yazıcıyla üretilmiş dünyanın ilk beton yaya köprüsü Madrid'de kullanıma açılmıştır. 2021 yılında ise, MX3D isimli firmanın ürettiği dünyanın ilk çelik yaya köprüsü Amsterdam'da halkın hizmetine sunulmuştur (Zastrow, 2020). Farklı yıllarda gerçekleştirilmiş olan söz konusu projelerle birlikte, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin inşaat sektöründe kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Yakın gelecekte tamamen üç boyutlu baskı tekniğiyle inşa edilmiş konutların sayısında artış yaşanması beklenmektedir. Ancak şimdilik bu teknolojinin inşaat sektöründe ileri seviyede kullanılabilmesi için daha fazla gelişime ihtiyacı vardır.

Kültürel mirasın korunması, geliştirilmesi ve gelecek nesillere aktarılması, insanlığın üzerine düşen en önemli görevlerden biridir. İnsanoğlu bu görevi başarılı bir şekilde yerine getirebilmek amacıyla uzun zamandır arkeolojik kazılarla gün yüzüne çıkardığı mimari yapıları ve buluntuları restore ederek onlara işlevsellik kazandırmaktadır. Ancak bu buluntuların restore edilmesi ve korunması çok fazla zaman, emek ve ekipman gerektirdiği için kolay değildir. Günümüzde bu dezavantajları azaltmak adına restorasyon çalışmalarında üç boyutlu yazıcı teknolojisinden yararlanılmaktadır. Bu teknoloji kullanılarak kazılardan çıkarılan yapıların ve buluntuların modelleri oluşturulmaktadır. Gerçekleştirilecek olan restorasyon çalışmalarının ön hazırlıkları, oluşturulan modeller üzerinde yürütülmektedir (Berjozkina ve Karami, 2021). Üç boyutlu baskı vasıtasıyla, düşük maliyetlerle ve zahmetsiz bir şekilde insanlık tarihi için önemli olan kalıntıların kopyaları oluşturulmaktadır. Üretilen kopyalar üzerinde çeşitli

incelemeler yapılarak, kalıntıların orijinal şekillerine zarar verilmeden onlar hakkında detaylı bilgilerin toplanması amaçlanmaktadır (Cooper, 2019). Üç boyutlu yazıcıyla üretilen kopyalar aynı zamanda görselleştirme amacıyla kullanılarak, geçmiş dönemlerde yaşanan savaşlar ya da doğal afetler gibi çeşitli sebeplerden dolayı tahribata uğramış ve hatta yok olmuş kalıntılar güvenli bir şekilde sergilenmektedir. Böylece orijinal kalıntıların zarar görmesi engellenmektedir (Carew ve Errickson, 2020). Son zamanlarda arkeolojik kalıntıların tüm bireyler için erişilebilir hâle getirilmesi amaçlanmaktadır. Özellikle görme bozukluğu yaşayan ya da öğrenme güçlüğü çeken bireyler, bu konuda bilgi sahibi olabilmek için dokunma duyusuna ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle bazı müzelerde, bireylere üç boyutlu yazıcıyla oluşturulan kopyaları dokunarak inceleme fırsatı verilmektedir. Böylece birbirinden farklı engellere sahip bireylerin de bu aktivitelere katılmaları sağlanarak, arkeolojik kalıntılarla etkileşime girmelerine yardımcı olunmaktadır (Berjokina ve Karami, 2021). Görsel 2.19’da, ziyaretçilerin dokunarak inceleyebilmelerini sağlamak için üç boyutlu baskı yöntemiyle oluşturulmuş olan bir yazıt kopyası görülmektedir.

Görsel 2.19: Ziyaretçilerin Dokunmasına İzin Verilen Üç Boyutlu Baskılı Yazıt



Kaynak: Cooper, 2019: 446

Üç boyutlu yazıcı, sahip olduğu yüksek potansiyel nedeniyle spor endüstrisinin yenilenme sürecine çeşitli katkılar sağlayacak olan bir teknolojidir (Meier, vd., 2019). Dolayısıyla spor, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin üreticiler için sağlamış olduğu avantajlardan yararlanmaya çalışan endüstriler arasında yer almaktadır. Firmalar, yeni ve gelişmiş özelliklere sahip çeşitli spor ekipmanlarını üretebilmek için bu teknolojiyi kullanmaktadırlar (Novak ve Novak, 2021). Ancak günümüzde üç boyutlu yazıcı teknolojisinin üretim sürecine daha fazla dâhil edilmesine ihtiyaç vardır (Meier, vd.,

2019). Kişiyeye özel üretim, üç boyutlu yazıcının spor endüstrisinde kullanımını arttıran avantajların başında gelmektedir. Çünkü bireylerin anatomik özellikleri birbirinden farklılık gösterdiği için kişiyeye özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Üç boyutlu yazıcı, bu ekipmanların üretiminde yaygın şekilde kullanılan bir üretim teknolojisidir. Kişiyeye özel ekipmanlar, sporcuların müsabaka sırasındaki performansını olumlu yönde etkilemekte ve yaralanma riskini en aza indirmektedir. Günümüzde üç boyutlu yazıcı teknolojisi kullanılarak ortopedik tabanlı ayakkabı, tekmelik, koruyucu maske, raket, golf sopası, sörf tahtası ve kayak gibi çeşitli ekipmanlar üretilmektedir. Bu teknoloji, ihtiyaç duyulan ekipmanları geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha kısa süre içinde ve makul fiyatlarda tüketicilerin hizmetine sunmaktadır. Sağlamış olduğu tasarım özgürlüğü sayesinde, üretimi oldukça zor olan modellerin kolay şekilde oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Daha esnek, daha hafif ve daha dayanıklı ürünlerin elde edilmesini desteklemektedir. Bu teknolojinin üretim sürecinde hata payı oldukça azdır. Olası bir hata durumunda ise, tasarımlar dijital ortamda oluşturulduğu için gerekli düzenleme işlemleri hızlı bir şekilde uygulanmaktadır. Üç boyutlu yazıcının güncel boyutu, mekân fark etmeksizin üretim faaliyetlerinin her yerde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Mağazalar, üç boyutlu yazıcıyla üretim yapılabilecek en ideal yerlerden biridir. Bu sayede üretici ve tüketici arasında iş birliği yapma olanağı ortaya çıkmaktadır. Bir spor ekipmanının sahip olduğu özellikler, sporcuların performanslarını ve sakatlıklarını olumlu ya da olumsuz şekilde etkilemektedir. Dolayısıyla üretim sürecinde iş birliği çok önemlidir. Tüketicilerin üretim sürecinde yer alması kişisel ihtiyaçlara uygun, kaliteli ve yüksek performanslı ürünlerin üretilmesini sağlamaktadır (Ukobitz ve Faillant, 2021). Tüm bu avantajlardan dolayı, spor endüstrisi üç boyutlu yazıcı teknolojisinden olabildiğince yararlanmaya çalışmaktadır. Günümüzde uluslararası düzeyde üretim yapan birçok spor ürünü firması bu teknolojiyi benimsemiş durumdadır. Nike bu teknolojiyi kullanarak, "Zoom Superfly Flyknit" ve Görsel 2.20'de yer alan "Vapor Laser Talon" isimli spor ayakkabılarını üretmiştir (Kholiya, 2016; Nam ve Sanders, 2021). Adidas, okyanus sularında biriken plastik atıkları geri dönüştürerek "Futurecraft 3D" adında bir çift ayakkabı üretmiştir (Kim, 2018). New Balance, "Zante Generate" isimli ayakkabı üretmiştir (Rosenkrantz ve Louis-Rosenberg, 2017).

Görsel 2.20: Nike Tarafından Üç Boyutlu Baskı İle Üretilen "Vapor Laser Talon" İsimli Spor Ayakkabı



Kaynak: Lin, 2016: 44

Spor ayakkabıları dışında sörf tahtası, kar tahtası, kask, tekmelik ve eldiven gibi çeşitli ekipmanları üreten orta ve küçük ölçekli şirketler de mevcuttur. Spor endüstrisinin paydaşları, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin bu endüstriye sağlayacağı katkıların farkındadır. Dolayısıyla bu teknoloji, üretim sürecinde yer alarak çeşitli spor ekipmanlarının üretiminde aktif olarak kullanılmaktadır (Novak ve Novak, 2021). Ancak üretim sürecinde kullanılabilecek ham maddelerin sınırlılığı, teknolojinin kullanımında görev alması gereken uzman personel eksikliği gibi nedenlerden dolayı üç boyutlu yazıcının spor endüstrisinde kullanımı yaygın hâle gelmemiştir. Üç boyutlu yazıcının gelişmesi ve sınırlılıkların yavaş yavaş ortadan kalkmasıyla birlikte bu teknoloji spor endüstrisinde daha fazla kullanılacaktır (Meier, vd., 2019).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin üretim sürecinde kullandığı ham maddeler arasında metaller de yer almaktadır. Bu teknoloji sayesinde metaller başarılı bir şekilde işlenmekte ve arzu edilen formlarda şekillendirilmektedir. Dolayısıyla değerli takı ve mücevherlerin üretiminde çeşitli metaller kullanan kuyumculuk endüstrisi için üç boyutlu yazıcının önemi büyüktür. Söz konusu teknoloji, kuyumculuk alanında yürütülen üretim süreci için çeşitli fırsatlar sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerle üretimi mümkün olmayan ürünler, üç boyutlu yazıcının tasarım aşamasında sunmuş olduğu esneklik sayesinde sorunsuz bir şekilde üretilmektedir. Böylece bireylerin kişisel isteklerine cevap verilmekte ve bu sayede alışılmış desenlerin dışında yaratıcı ve ilgi çekici yeni modeller ortaya çıkmaktadır (Korium, vd., 2021). Görsel 2.21’de, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sahip olduğu geometrik esneklik özelliği sayesinde üretilmiş olan karmaşık yapı bir takı örneği görülmektedir.

Görsel 2.21: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Takı



Kaynak: Lin, 2016: 46

Üç boyutlu yazıcı, az malzeme kullanarak tek parça hâlinde yüksek kaliteye sahip ve maliyeti düşük ürünler üretmektedir (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016). Görüldüğü üzere bu teknoloji, geleneksel yöntemlerin üretici ve tüketicilere dayattığı sınırlamaları ortadan kaldırmaktadır (Korium, vd., 2021). Bu nedenle kuyumculuk endüstrisi üretim sürecinde üç boyutlu yazıcıdan sıklıkla yararlanmaktadır (Cooper, 2015). Altın, gümüş ve bronz başta olmak üzere, toz hâline getirilmiş birçok metal katman katman eritilerek takı ve mücevher üretilmektedir. Üretim yöntemlerinde yeni gelişmeler yaşandıkça, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanımı artacak ve mücevherat piyasası giderek genişleyecektir (Korium, vd., 2021).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, ahşap bazlı ham maddeler kullanarak klasik formdaki alışlagelmiş modellere sahip olan mobilya takımlarına yeni alternatifler sunmak amacıyla mobilyacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır. Bu teknoloji yeni ürün tasarlama, parça üretme, kalıp ve ürün gövdesi oluşturma gibi işlemleri başarılı bir şekilde yerine getirmektedir. Mobilyacılık endüstrisindeki ilk günlerinde yalnızca ürünlerin test edilmesi amacıyla kullanılan üç boyutlu yazıcı, göstermiş olduğu gelişimden dolayı günümüzde mobilyaların seri üretiminde görev almaktadır. Üç boyutlu yazıcı, hazırlanan tasarımların prototiplerini oluşturarak mobilyaları test etme imkânı sağlamaktadır. Müşteri memnuniyeti olduğu anda üretim aşamasına geçilmektedir (Murmura ve Bravi, 2018). Bu teknoloji; şekil, renk ve boyut gibi önemli kısıtlamaları ortadan kaldırarak müşteri taleplerine göre kişiselleştirilmiş mobilya takımları üretmektedir. Böylece özgün ürünler ortaya çıkararak mobilya pazarında çeşitliliğin oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Karmaşık şekillere sahip olan mobilyaları kolaylıkla üretmektedir. Mobilyaların bağlantı noktalarında üç boyutlu baskı teknikleri kullanıldığı için, vida ve menteşeye duyulan ihtiyaç azalmaktadır. Bu sayede zaman alıcı ve yorucu olan montaj

süreci kolay hâle gelmektedir (Svoboda, Tauber ve Zach, 2019). Üç boyutlu yazıcı, üretim işlemini tek seferde tamamlayarak zamandan ve maliyetten tasarruf sağlamaktadır. Bu teknoloji sayesinde son yıllarda daha işlevsel ve daha kaliteli ürünler piyasada yer almaktadır (Saad, 2016). Söz konusu avantajlar, mobilyacılık endüstrisinin ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile mobilyacılık endüstrisi arasındaki iş birliği her geçen gün biraz daha artmaktadır. Tüm bunların sonucunda üç boyutlu yazıcının kullanımı bir zorunluluk hâline gelmektedir. Sonuç olarak günümüzde bu teknoloji, mobilya üretim sürecinde mümkün olduğunca kullanılmaktadır. İşlenebilir ham madde sayısındaki sınırlılık ve yeterli düzeyde uygulama yapılmadığı için teknoloji hakkında bilgi sahibi olunmaması, mobilyacılık sektöründe üç boyutlu yazıcının kullanımını kısıtlamaktadır. Mobilya üretiminin büyük çoğunluğunu hâlâ geleneksel üretim oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda gerekli değerin verilmesiyle birlikte bu teknolojiye yönelimler hızlanmıştır (Murmura ve Bravi, 2018). Görsel 2.22’de verilen örnekten de anlaşılacağı üzere, günümüzde bu teknolojiyle daha çok küçük boyuta sahip mobilyalar üretilmektedir.

Görsel 2.22: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Sandalye



Kaynak: Eti Proto ve Koç Sağlam, 2021: 99

Tekstil endüstrisinde birbirinden farklı özelliklere sahip olan çeşitli ürünler üretilmektedir. Bu ürünler; günlük giyimden cerrahi önlüklere, spor giyimden koruyucu giysilere kadar, yaşamın her alanında farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Ancak son zamanlarda tekstil alanında, geleneksel yöntemlerle üretimi mümkün olmayan birtakım karmaşık yapılı ürünler ortaya çıkmaktadır (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016). Bu yeni ürünler, kumaş kullanarak üretim yapan üç boyutlu yazıcı aracılığıyla elde edilmektedir. Tekstil endüstrisi için yenilikçi bir teknoloji olan üç boyutlu yazıcı, üretici ve tüketicilere

birçok fayda sağlamaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi öncelikle tasarım aşamasında üreticilere çeşitli özgürlükler sunarak arzu edilen tüm fikirlerin hayata geçirilmesine yardımcı olmaktadır. Böylece geleneksel yöntemlerle üretilmeyen karmaşık yapılı giysiler kolaylıkla üretilmektedir. Tüketicilerin isteklerine ve fiziki özelliklerine uygun olacak şekilde özelleştirmeler yapılmasına izin vermektedir. Giysileri dikişsiz şekilde tek parça hâlinde üreterek, üretim aşamasında gerekli olan işlem sayısını azaltmakta ve böylece zamandan tasarruf sağlamaktadır. Geleneksel üretimin beraberinde getirdiği sınırlamaları ortadan kaldırarak modanın yakından takip edilmesine yardımcı olmaktadır (Spahiu, Canaj ve Shehi, 2020). Sağlamış olduğu önemli faydalara rağmen, üç boyutlu yazıcının tekstil endüstrisinde kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkileyen birkaç zorluk bulunmaktadır. Bu zorlukların en önemlisi, üretim aşamasında kullanılabilecek ham madde sayısının yetersizliğidir. Tekstil alanında üretimin gerçekleştirilmesi için genellikle polimerler tercih edilmektedir. Polimerlerin sahip oldukları özellikler nedeniyle esnek, dayanıklı, hava geçirgenliği iyi ve konforlu giysilerin üretimi oldukça zordur. Dolayısıyla tekstil alanında akla gelen her ürünün üretilmesi şu an için mümkün değildir. Bu nedenler yüzünden şirketler, üretimde üç boyutlu yazıcının kullanımı konusunda çekimser kalmaktadırlar (Spahiu, vd., 2017). Söz konusu olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacıyla yürütülen çeşitli çalışmalar sonucunda, üretimde kullanılabilecek yeni nesil kumaşlar elde edilmiştir. Üç boyutlu baskı teknikleri bu kumaşların daha iyi yapışmasını ve bağlanmasını sağlamaktadır. Yeni nesil kumaşlar sayesinde yumuşak, esnek, sağlam, nefes alabilen, ısıya karşı dayanıklı, konforlu ve insanların rahat etmelerini sağlayan kaliteli ürünler üretilmektedir. Ayrıca bu teknoloji, koruyucu ve akıllı giysilerin geliştirilmesi için üreticilere çeşitli fırsatlar sağlayarak tekstil alanına yeni bir soluk getirmekte ve önemli gelişmelerin yaşanmasına önayak olmaktadır (Tadesse, vd., 2018). Günümüzde tekstil alanında üç boyutlu yazıcı kullanılarak daha çok özel sipariş ile üretim yapılmakta ya da defilelerde sergilenmek üzere özel giysiler üretilmektedir (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016). Gündelik yaşamda tercih edilen giysilerin üretimi şu an uzak bir hedeftir. Ancak tekstil endüstrisinin bu teknolojiye olan ilgisi her geçen gün artmaktadır. Firmalar, üretim sürecine bu teknolojiyi entegre ederek marka değerlerini yükseltme çabası içindedirler. Yapılan araştırmalara göre tüketiciler, üç boyutlu yazıcının tekstil alanına getirmiş olduğu yenilikleri olumlu karşılamaktadırlar. Tüketiciler aynı zamanda üç boyutlu yazıcı teknolojisi hakkında bilgi sahibidir ve bu teknolojinin sağlamış olduğu avantajların farkındadır. Dolayısıyla bu teknolojiyle üretilen giysileri tercih edeceklerini belirtmektedirler (Spahiu, Canaj ve Shehi, 2020).

İlerleyen günlerde çalışmaların artmasına paralel olarak kullanılabilir malzemelerin çeşitlenmesiyle birlikte bu teknolojinin kullanımının gündelik yaşama doğru genişleyeceği ve böylece tekstil alanında daha sık kullanılacağı öngörülmektedir (Laplume, Petersen ve Pearce, 2016). Aşağıda bulunan Görsel 2.23'te, gündelik kullanıma uygun giysilerin üretimi için gerçekleştirilen denemeler sonucunda üretilmiş olan üç boyutlu baskı entegreli bir kazak örneğine yer verilmiştir.

Görsel 2.23: Üç Boyutlu Baskı Entegreli Kazak



Kaynak: Cui, Chattaraman ve Sun, 2022: 277

Üç boyutlu baskı; gıda ürünlerini ilgi çekici tasarımlarla oluşturma, kişiye özel beslenme olanağı sağlama ve üretimde kullanılabilecek yeni ürünler geliştirme gibi avantajlarından dolayı gıda sektöründe kullanılmaya başlanmıştır (Liu, vd., 2017). Bu teknoloji ile ilgi çekici tasarımlar oluşturularak karmaşık yapıya sahip gıda ürünleri üretilmektedir (Hamilton, Alıcı ve in het Panhuis, 2018). Özellikle küçük yaştaki çocukların beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için yiyeceklerin ilgi çekici hâlde sunulması gerekmektedir. Çocuklar bu tarz yemekleri tercih etmektedir (Zampollo, vd., 2012). Böylece çocuklara sağlıklı beslenme alışkanlığı kazandırılmaktadır (Hamilton, Alıcı ve in het Panhuis, 2018). Üç boyutlu baskı aynı zamanda kişiye özel yiyecekler üreten bir teknolojidir (Shahrubudin, Lee ve Ramlan, 2019). Özelleştirilmiş yiyeceklerle duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Üç boyutlu baskı gıda ürünlerinin tat, renk ve doku özelliklerini değiştirerek birbirinden farklı ihtiyaçlara sahip olan tüketicilerin beklentilerine cevap vermektedir (Nachal, vd., 2019). Günümüzde üç boyutlu baskı genellikle hastalar ve yaşlılar ile askeri ve uzay alanında çalışan personellerin gıda ihtiyaçlarını karşılayan önemli bir teknolojidir (Liu, vd., 2017). Yutma ve çiğneme güçlüğü çeken hastalar ile yaşlılar, beslenme ihtiyaçlarını yeterli düzeyde gerçekleştirememektedirler. Bu kişiler genellikle iştah kapatan lapa tarzı yiyeceklerle beslenmektedirler. İştah sorununun üstesinden gelmek için kişiye özel olarak üç boyutlu

baskı ile hazırlanmış, kolay şekilde yutulabilen ve yumuşak besinler üretilmektedir. Böylece bu teknoloji, hem yetersiz beslenme ile mücadele etmek hem de hastaların özel beslenme ihtiyaçlarına cevap vermek amacıyla kullanılmaktadır (Sun, vd., 2015a). Aşağıda yer alan Görsel 2.24'te, üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş olan gıda örnekleri görülmektedir.

Görsel 2.24: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilmiş Olan Gıda Ürünleri



Kaynak: Sun, vd., 2015a: 317

ABD ordusu, savaş alanındaki askerlere hızlı bir şekilde gıda takviyesi yapmak amacıyla bu teknolojiyi kullanmaktadır. Yemekler üç boyutlu baskı sayesinde, askerlerin değişen beslenme ve enerji ihtiyaçlarına göre özelleştirilmektedir (Liu, vd., 2017). Dolayısıyla bu teknoloji yemek çeşitliliği sağlayarak savaş alanında görevli olan askerlerin morallerini yüksek düzeyde tutmalarına yardımcı olmaktadır (Sher ve Tuto, 2015). Raf ömrü kısa olan gıdalar uzun süreli uzay görevlerinde zamanla bozulmaktadır. NASA, uzun süreli uzay görevlerinde astronotların beslenme ve enerji ihtiyaçlarını devamlı olarak karşılayacak özelleştirilmiş gıdalar üretmek için üç boyutlu baskıyı kullanmaktadır (Hamilton, Alıcı ve in het Panhuis, 2018). Üç boyutlu baskı, gıda üretiminde bitki ve hayvan bazlı yan ürünler ile eski ürünlerin atıklarını kullanmaktadır. Böylece gıda endüstrisinde kullanılacak malzeme sayısı artmakta ve sürdürülebilirlik sağlanmaktadır. Görüldüğü üzere üç boyutlu baskı tüketicinin istek ve ihtiyaçlarına uygun malzemeler kullanarak sağlıklı ürünler üretmektedir (Shahrubudin, Lee ve Ramlan, 2019). Böylece kişilerin sağlıklı beslenmelerine yardımcı olarak insan sağlığının korunmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla kişiye özgü gıda ürünlerinin üretilmesi konusunda yoğun bir istek vardır (Dankar, vd., 2018). Şu ana kadar üç boyutlu baskı teknolojisi ile şeker, şeker bazlı süslemeler, çikolata, krema, kurabiye, çeşitli püreler, soslar, peynir, makarna ve pizza gibi gıda ürünleri ilginç tasarımlarla üretilmiştir (Shahrubudin, Lee ve Ramlan, 2019). Ancak baskı hassasiyeti, hızı, kalitesi ve malzeme sınırlılığı başta olmak üzere birkaç zorluk, bu teknolojinin gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasını engellemektedir. Şu an sadece dikkat çekici görseleliğe sahip olan basit tasarımlar hayata geçirilmektedir. Tüm bunlara rağmen üç boyutlu baskı, gıda

sektöründe gelişmeye devam eden bir teknolojidir. Dolayısıyla gıda sektöründe bu teknolojinin kullanımına yönelik çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Mevcut zorluklar atlatıldığı takdirde, üç boyutlu baskının gıda endüstrisinde yaygın şekilde kullanılması beklenmektedir (Liu, vd., 2017).

Üç boyutlu baskı çağına doğru ilerlediğimiz bu günlerde, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin birçok alanda köklü dönüşümler başlattığı görülmektedir. Söz konusu teknoloji şimdiden gündelik hayatı derinden etkilemekte ve yukarıda bahsi geçen alanlar için devrim niteliğinde yeniliklere imza atmaktadır. Doğal olarak bu durum, kullanıcıların üç boyutlu yazıcı hakkındaki beklentilerini yükseltmektedir. Ortaya çıktığı günden beri gelişimini istikrarlı bir şekilde sürdürerek kendisine güncel ana akım teknolojiler arasında yer bulan üç boyutlu yazıcı büyük bir potansiyele sahiptir ve her geçen gün popülerliğini arttırmaktadır. Tüm bunlara ek olarak, söz konusu teknolojinin hâlâ gelişim aşamasında olduğu unutulmamalıdır. İleri seviye üretimin önemli bileşenleri arasında yer alan bu teknoloji gelişimini sürdürmeye devam ettikçe, kullanım alanlarının çeşitlenmesi ve belli bir kullanım düzlüğüne ulaşması beklenmektedir.

2.10. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ EĞİTİM ALANINDA KULLANIMI

Fransızca kökenden gelen bir sözcük olan materyal, "Gereç, yazılı, sözlü, görüntülü, kaydedilmiş her türlü belge" (Büyük Türkçe Sözlük, 2022) olarak tanımlanmaktadır. Öğretim materyali ise, herhangi bir dersin öğretim programında belirtilen bilgi, beceri, tutum ve değerleri öğrencilere kazandırmak (Ünlü, 2021) ve onların öğrenme süreci içinde belirlenen hedeflere ulaşmalarına yardımcı olmak amacıyla kullanılan her türlü araç-gereç ve kaynakların tümüdür (Yanpar Yelken, 2017). Öğretim materyalleri genellikle, öğrenme sürecini zenginleştirerek (Sever, 2017) etkili ve verimli bir hâle getirmek (Yanpar Yelken, 2021) ve yine süreci destekleyerek öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştırmak için kullanılmaktadır (Meşe, 2020). Günümüz modern eğitim anlayışına göre, öğretim faaliyetleri öğrenme sürecine uygun öğretim materyalleri kullanılarak sürdürülmek zorundadır (Demircioğlu, 2020). Öğrenme sürecinin en önemli parçalarından biri olan öğretim materyalleri (Ünlü, 2021), iyi bir şekilde tasarlandıkları ve belirlenen hedeflere uygun olarak etkili bir biçimde kullanıldıkları zaman, hem öğrenci hem de öğretmen açısından pek çok fayda sağlamaktadır (Avcı, 2013). Öğretim materyalleri, öğrencilerin dikkatini çekerek (Güven, 2022) onları konu hakkında meraklandırır (Demircioğlu, 2020) ve öğrenmeye istekli hâle getirir (Tan, 2019). Derse

yönelik motivasyonlarını arttırır (Kayabaşı, 2020). Öğrencilerin anlamakta zorlandığı konuları basit düzeye indirgeyerek konunun anlaşılmasını kolaylaştırır (Özerbaş, 2020). Soyut konuları somutlaştırır (Akay, 2019). Öğrencilerin öğretim programlarında belirlenen kazanımlara kısa sürede ulaşmalarına yardımcı olur (Avcı Yücel ve Ergün, 2015). Öğrenme sürecine aktif katılım sağlayarak (Arslankara ve Usta, 2020) etkili, kalıcı ve tam öğrenmelerin gerçekleşmesine olanak tanır (Güven, 2022). Birden fazla duyu organını harekete geçirerek (Saban, 2022), üst düzey öğrenmelerin gerçekleştirilmesini sağlar (Tan, 2019). Öğrenilen konuların hatırlanmasını kolaylaştırır (Kayabaşı, 2020). Zihinsel becerilerin gelişmesine yardımcı olur (Tan, 2019). Öğrenme sürecini zenginleştirerek (Ünlü, 2021) kaliteyi arttırır (Tan, 2019). Yapararak yaşayarak öğrenmeyi sağlar (Demircioğlu, 2020). Tehlikeli nesneleri incelemek ve tehlikeli deneyleri yapmak amacıyla güvenli bir gözlem ortamı oluşturarak (Özkılıç, 2013), öğrenilen bilgilerin gerçek hayatta nasıl ve ne zaman kullanılacağını öğretir (Avcı Yücel ve Ergün, 2015). Çoklu öğrenme ortamı oluşturarak, farklı öğrenme stillerine ve farklı ihtiyaçlara sahip olan öğrencilerin hedef konuyu eş zamanlı olarak anlamalarını sağlar (Özerbaş, 2020). Öğrenme sürecini eğlenceli hâle getirerek (Akay, 2019), sıkıcılığın ve monotonluğun önüne geçer (Kayabaşı, 2020). Ziyaret edilmesi veya öğrenme ortamına getirilmesi zor ya da imkânsız olan nesnelerin incelenmesine olanak tanır (Avcı, 2013). Öğrencilerin konuyu daha hızlı bir şekilde öğrenmesine yardımcı olarak zamandan tasarruf sağlar (Özerbaş, 2020). İyi bir şekilde muhafaza edildiği takdirde tekrar tekrar kullanılabilir. Bu sayede ekonomik açıdan yarar sağlar (Akay, 2019). Öğrenme sürecinde konunun öğrencilere anlatılmasında öğretmenlerin en büyük yardımcısı görevini üstlenerek (Arslankara ve Usta, 2020), onların işlerini büyük ölçüde kolaylaştırır (Avcı Yücel ve Ergün, 2015).

Hem öğrenciler hem de öğretmenler için sağladığı faydalar açısından, günümüzde öğretim materyallerinin tasarlanması ve öğrenme süreci içinde kullanılması büyük bir öneme sahiptir (Tan, 2019). MEB Öğretmen Yetiştirme ve Eğitimi Genel Müdürlüğü tarafından 2006 yılında yayınlanan "Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri" isimli raporda, öğretim programlarının sorunsuz bir şekilde uygulanabilmesi için öğretmenlerin sahip olması gereken bilgi, beceri ve tutumlar açıkça belirtilmiştir (MEB, 2006). Eğitim alanında meydana gelen gelişmeler sonucunda, öğretmenlerin sahip olması beklenen nitelikler değişmiştir. Bu nedenle Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri güncellemeye uğrayarak, MEB Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü

tarafından 2017 yılında tekrar yayınlanmıştır. Güncellenen Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri, "Mesleki Bilgi", "Mesleki Beceri" ve "Tutum ve Değerler" olmak üzere üç yeterlik alanından oluşmaktadır. Bu üç yeterlik alanı altında toplam on bir adet yeterlik, bu yeterliklere ilişkin ise toplam altmış beş adet yeterlik göstergesi belirlenmiştir (MEB, 2017a). "Mesleki Beceri" yeterlik alanında, "Öğrenme Ortamları Oluşturma" adında bir yeterliğe yer verilmiştir. Söz konusu yeterlik, "Bütün öğrenciler için etkili öğrenmenin gerçekleşebileceği sağlıklı ve güvenli öğrenme ortamları ile uygun öğretim materyalleri hazırlar" şeklinde ifade edilmiştir. Bu yeterlik için belirlenen yedi adet yeterlik göstergesinden biri, "Kazanımlara uygun öğretim materyalleri hazırlar" olarak belirtilmiştir. Yine aynı yeterlik alanında, "Öğretme ve Öğrenme Sürecini Yönetme" adında bir yeterliğe yer verilmiştir. Söz konusu yeterlik, "Öğretme ve öğrenme sürecini etkili bir şekilde yürütür" şeklinde ifade edilmiştir. Bu yeterlik için belirlenen on iki adet yeterlik göstergesinden biri, "Öğretme ve öğrenme sürecinde uygun araç, gereç ve materyalleri etkin kullanır" (MEB, 2017a, s. 14) olarak belirtilmiştir. Yeterlik göstergelerinden de anlaşılacağı üzere, öğretmenlerin öğretim materyalleri hazırlama ve onları süreç içinde etkili bir şekilde kullanma yeterliklerine sahip olmaları istenmektedir. Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri, öğretmenlerin öğrenme süreci içinde çeşitli materyallerden faydalanmaları konusundaki eksik yönlerini fark etmelerine ve bu eksikliklerini kapatmalarına yardımcı olacak detaylı bir rapordur. Bu rapor ışığında öğretmenlerden öğrenme ortamlarını zenginleştirmeleri, öğrenme sürecini etkili ve verimli bir hâle getirmeleri beklenmektedir.

Öğrenme sürecinde kullanılan veya kullanılacak olan öğretim materyallerinin hazırlanması için birtakım öğretim aracına ihtiyaç duyulmaktadır. Öğretim materyalleri, bu araçlar vasıtasıyla oluşturulmaktadır (Yanpar Yelken, 2021). Öğretim materyali oluşturmak için yararlanılan her türlü nesne ve kaynak, öğretim aracı olarak tanımlanmaktadır. Öğrenme sürecinin önemli bir parçası olan bu araçlar, süreç içinde öğretim materyalleri ile aynı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır (Turan, 2020). Öğretim araçları; tebeşir ve kara tahta gibi basit nesnelerden, bilgisayar ve internet gibi karmaşık nesnelere kadar uzanan büyük bir çeşitliliğe sahiptir (Yanpar Yelken, 2021). Geçmişten günümüze kadar gelen süreçte; kara tahta, tebeşir, defter, kitap, kalem, model, maket, resim, fotoğraf, video, pano, harita, radyo, televizyon, tepegöz, projektör, akıllı tahta, bilgisayar, internet vb. gibi nesneler, öğrenme ortamlarında kullanılan öğretim araçlarına örnektir (Sarıtaş, 2013). Her öğretim aracının kendine has birtakım özellikleri

vardır ve bu araçlar sahip oldukları özellikler sayesinde öğrenme sürecine çeşitli faydalar sağlamaktadırlar (Sever, 2017). Öğretim araçları; öğretmeni bilgi aktaran rolünden rehber konumuna geçirerek, öğrencileri sürecin merkezine alır ve onlara öğrenmeyi öğretir (Turan, 2020). Sürecin her öğrenci için aynı düzeyde yürütülmesini sağlayarak, hepsinin birbirinden farklı olan ilgi ve ihtiyaçlarını karşılar (Çalışkan ve Karadağ, 2013). Araştırma, bilgiye ulaşma, eleştirel düşünme, yaratıcılık ve teknoloji okuryazarlığı gibi becerilerin gelişmesine yardımcı olur (Turan, 2020). Öğrencilerin ilgisini çekerek (Şen, 2020), derse yönelik olumlu bir tutum geliştirmelerini sağlar (Çalışkan ve Karadağ, 2013). Öğretmenleri, dersin daha kolay aktarılması konusunda destekler (Şen, 2020). Faydaları göz önüne alındığında, öğrenme ortamlarının öğretim araçlarıyla donatılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Çalışkan ve Karadağ, 2013). Öğretmenler, öğrenme süreci sırasında hem kendileri hem de öğrencileri için önemli faydalar sağlayan öğretim araçlarını iyi bir şekilde kullanmayı bilmelidirler. Bu araçlar vasıtasıyla öğrenme süreci içinde kullanacakları öğretim materyallerini hazırlamalı, aynı zamanda öğrencilerine rehberlik ederek onların da öğretim materyalleri oluşturmalarına yardımcı olmalıdırlar (Yanpar Yelken, 2021). Dijital yerliler olarak adlandırılan günümüz öğrencileri (Prensky, 2001), teknoloji ile iç içedirler ve günlük yaşamlarında sıklıkla teknolojiden yararlanmaktadırlar (Demircioğlu, 2020). Çünkü onlar adeta bir teknoloji devriminin ortasına doğmuşlardır (Turan, 2020). Teknoloji, bu öğrencilerin ana dili hâline gelmiştir. Dijital göçmen olan ve öğrencilere göre düşük teknolojik becerileri bulunan öğretmenler, öğrencilerin anlayacağı dilde konuşmalıdırlar (Prensky, 2001). Bu öğrenciler çok küçük yaşlardan itibaren teknolojiyi kullanmayı öğrendikleri için, doğal olarak öğretmenlerden öğrenme sürecinde teknolojik araç kullanmalarını istemekte ve beklemektedirler. Dolayısıyla öğrenme sürecinin geleneksel yöntemlerle yürütülmesi yerine teknoloji kökenli öğrenme araçlarıyla desteklenmesi, dijital yerli olarak tanımlanan öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmak adına alınmış en isabetli karar olacaktır (Akay, 2019).

Teknoloji alanında yaşanan ilerlemeler sayesinde, öğretim araçları gelişmekte ve çeşitlenmektedir (Yanpar Yelken, 2021). Teknolojik ürünlere ulaşım maliyetinin azalmasıyla birlikte, günümüzde bilgisayar, internet, tablet, elektronik kitap ve akıllı tahta gibi teknoloji kökenli öğretim araçları, öğrenme süreçlerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu araçlar, dört duvar arasına sıkışmış olan öğretim faaliyetlerinin zaman ve mekân sınırlaması olmadan her zaman ve her yerde gerçekleşmesine olanak tanımaktadırlar. Bu sayede öğretimde sürekliliği ve devamlılığı sağlamaktadırlar (Turan,

2020). Ayrıca öğrenme sürecini öğrenciler için ilgi çekici hâle getirmektedirler (Yavuz Konokman, 2019). Böylece her geçen gün önemi biraz daha artan öğretim araçlarının kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve (Boz ve Özerbaş, 2020) bu araçlar günümüzde öğrenme sürecinin vazgeçilmez bir parçası hâline gelmektedir (Yanpar Yelken, 2021). Teknolojide yaşanan gelişmeler neticesinde, öğrenme ortamlarında kullanılabilecek yeni öğretim araçları ortaya çıkmaktadır (Güven, 2022). Bu araçlardan biri, üç boyutlu yazıcıdır. Üç boyutlu yazıcı; bilgisayar ortamında çeşitli programlar aracılığıyla tasarlanmış dijital modelleri, katman katman biriktirme işlemiyle gerçek fiziksel nesnelere dönüştüren bir baskı teknolojisidir (Olla, 2015). Bu teknolojik araç, genellikle ihtiyaç duyulduğu hâlde var olmayan nesnelerin üç boyutlu şekilde elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Lei, vd., 2022). Üç boyutlu yazıcı, elde etmek istediğimiz hemen hemen her şeyi yazdırabilir (Greengard, 2013). Herhangi bir çalışma alanında ihtiyaç duyulan ekipmanların üretici firmadan satın alınması ya da fiziksel bozulmalara uğramış var olan ekipmanların onarılması hem pahalı hem de zaman alıcı olabilir. Bu baskı teknolojisi sayesinde, ihtiyaç duyulan bir ekipman hem daha ucuza mal edilebilir hem de geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha kısa bir süre içerisinde onarılabilir (Silver, 2019). Böylelikle bu teknoloji, kullanıcıların maliyet ve zaman açısından tasarruf etmesini sağlamaktadır (Greengard, 2013). Geleneksel üretim yöntemleriyle elde edilmesi oldukça zor olan karmaşık yapıları kolay bir şekilde üreterek (Zastrow, 2020), süreç içinde harcanması gereken iş gücünü azaltmaktadır. Kullanıcılar bu teknoloji sayesinde, üretmeye karar verdikleri ürünlerin tüm özelliklerini kendileri belirlemektedir (Sun, vd., 2015b). Üç boyutlu yazıcı, gerçek görüntülerine son derece yakın ve aynı zamanda oldukça dayanıklı modeller üretmektedir. Çevre dostu olarak bilinen bu teknoloji, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla işlem sonrasında çok daha az atık bırakmaktadır (Zastrow, 2020). Sahip olduğu bu özelliklerden dolayı, üç boyutlu yazıcı teknolojisi çeşitli çalışma alanlarında birbirinden farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Greengard, 2013). Bunun yanı sıra, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kişisel kullanımı da oldukça yaygındır. Bazı kişiler bu teknolojiyi gündelik hayatta ihtiyaç duydukları basit aletleri yazdırmak amacıyla kullanırken, bazıları ise tamamen hobi amacıyla kullanmaktadır (Olla, 2015).

Sahip olduğu özellikler ve kullanıcılar için sağladığı faydalar göz önüne alındığında, üç boyutlu yazıcının eğitim alanında kullanılabilecek çok değerli bir teknolojik araç olduğu ortaya çıkmaktadır (Kökhan ve Özcan, 2018). Dolayısıyla bu

teknolojinin etkili olduğu önemli alanlardan bir tanesi hiç şüphesiz eğitimidir (Olla, 2015). Üç boyutlu yazıcı, eğitim kademesi ve sınıf düzeyi fark etmeksizin birçok konunun öğretiminde yararlanılacak olan öğretim materyallerinin üretimi için kullanılmaktadır. Özellikle tıp (Pîrjan ve Petroşanu, 2013) ve mühendislik (Olla, 2015) eğitimlerinde, fiziksel modeller ve prototipler üretmek amacıyla bu teknolojiiden yararlanılmaktadır. Fen bilimleri, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematik (STEAM) disiplinlerinin etkili bir şekilde öğretilmesinde aktif rol oynamaktadır (Kostakis, Niaros ve Giotitsas, 2015). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi ayrıca geometri (Ng ve Ye, 2022), biyoloji (Hansen, vd., 2020), kimya (Jones ve Spencer, 2018), robotik (Armesto, Fuentes-Durâ ve Perry, 2016), mimarlık (Boumaraf ve İnceoğlu, 2020), tasarım (Greenhalgh, 2016), tarih (Maloy, vd., 2017), coğrafya (Hofierka, vd., 2022) ve jeoloji (Horowitz ve Schultz, 2014) disiplinlerinin öğretiminde de kullanılmaktadır. Görünüşte bu kadar çeşitli öğrenme alanı tarafından tercih edilmesine rağmen, üç boyutlu yazıcının eğitimde kullanımı sanıldığı kadar yaygın değildir. Günümüzde öğretmenlerin büyük çoğunluğunun söz konusu teknoloji hakkında sahip olduğu bilgi düzeyi son derece yetersizdir. Bu duruma ek olarak üç boyutlu yazıcı ile ilgili herhangi bir eğitim de almamışlardır. Dolayısıyla şu an birçok öğretmen üç boyutlu yazıcı kullanma deneyimine sahip değildir. Ayrıca çoğu okulda üç boyutlu yazıcı teknolojisinin bulunmaması, yaşanan deneyimsizliğin bir başka önemli faktörüdür. Bu sebepler, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim alanında yaygın şekilde kullanımını önemli ölçüde engellemektedir. Öğretmenler bilgi ve deneyim eksikliğine sahip olmalarına rağmen bu teknolojiye karşı olumlu tutum geliştirmektedirler. Bu konuda yürütölen çalışmalar, öğretmenlerin üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla öğretim materyali tasarlama, üretme ve kullanma konusunda son derece istekli olduklarını göstermektedir (Aslan, Durukan ve Batman, 2021). Öte yandan öğrenme etkinlikleri için üç boyutlu yazıcıdan düzenli olarak yararlanan öğretmenler, bu teknolojiiden oldukça memnundur. Üç boyutlu yazıcının öğrencilere deneyim fırsatı sağladığı ve hedeflere ulaşmada önemli bir rol üstlendiği konusunda hemfikirdirler. Dolayısıyla bu teknolojinin bir an önce eğitime entegre edilmesini istemektedirler (Cochran, vd., 2016). Sürecin diğeri paydaşı olan öğrenciler ise, üç boyutlu yazıcının çalışmalarına yardımcı olduğunu belirtmekte ve bu teknolojinin öğrenme sürecinde daha fazla yer almasını arzu etmektedirler (Saorin, vd., 2017). Tüm bu isteklerin gerçekleşebilmesi için gerekli altyapı hazırlanarak okullara üç boyutlu yazıcı teknolojisi kazandırılmalı ve öğretmenlere bu teknoloji hakkında hizmet içi eğitim verilmelidir.

2.11. EĞİTİM ALANINDA ÜÇ BOYUTLU YAZICI KULLANIMI İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, fiyatlarda meydana gelen düşüşler sayesinde herkes tarafından ulaşılabilir hâle gelmiştir. Bu duruma ek olarak her yere taşınabilecek ve her yerde üretim yapabilecek boyutlara sahip olan kişisel kullanım amaçlı masaüstü yazıcıların piyasaya sürülmesiyle birlikte, söz konusu teknolojinin eğitim alanında kullanılabilirliği tartışılmaya başlanmıştır. Hem öğrenciler hem de öğretmenler için büyük avantajlar sağlayan üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitimde kullanılabilirliğine yönelik yurt içinde ve yurt dışında çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda, bu teknoloji öğretim aracı olarak kabul görmüş ve eğitim alanında kullanılmaya başlanmıştır. Bu başlık altında, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim alanındaki kullanımına yönelik öne çıkan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim alanındaki kullanılabilirliğinin gündeme geldiği ilk zamanlarda, bu teknolojiye yönelik çalışmalar daha çok literatür taraması şeklinde yürütülmüştür. Söz konusu çalışmalarda, üç boyutlu yazıcının hangi derslerde ne şekilde kullanılabileceği ve öğrenme ortamlarına nasıl entegre edilebileceği noktasında çeşitli öneriler getirilmiştir. Kuzu Demir ve arkadaşları; üç boyutlu yazıcı teknolojisi hakkında genel bir bilgi vermek, bu teknolojinin eğitimle olan bağlantısını ortaya çıkarmak ve özellikle yurt içindeki kullanımını gözler önüne sermek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Söz konusu çalışma kuramsal bir temel oluşturmuş ve kendinden sonra gerçekleştirilecek olan çalışmalar için yol gösterici konuma ulaşmıştır (Kuzu Demir, vd., 2016).

Kökhan ve Özcan, eğitim alanında üç boyutlu yazıcı teknolojisi kullanılarak yapılan çeşitli çalışmaları gözden geçirmişlerdir. Söz konusu çalışmalarda üç boyutlu yazıcılar karmaşık kavramların öğretimini kolaylaştırmış ve öğrencilerin ilgilerini çekerek derse aktif katılımlarını sağlamıştır. Ancak üç boyutlu yazıcının eğitim alanındaki kullanımının henüz istenen seviyeye ulaşmadığı belirtilmiştir. Dolayısıyla eğitim sistem ve faaliyetlerinin bu teknolojiyle uyumlu hâle getirilerek söz konusu durumun çözüme kavuşturulması gerektiği vurgulanmıştır. Böylelikle öğrenci ile öğretmen arasındaki iletişimin artacağı, öğrencilerin yaratıcılık ve yenilikçi düşünme gibi çeşitli becerileri kolaylıkla kazanacakları öngörülmüştür (Kökhan ve Özcan, 2018).

Benzer bir literatür tarama çalışması, Yıldırım ve arkadaşları tarafından yürütülmüştür. Söz konusu çalışmada ilk olarak üç boyutlu yazıcı teknolojisi hakkında temel bilgiler verilmiştir. Daha sonra bu teknolojinin mevcut durumunun ve eğitim alanındaki yerinin belirlenmesi amacıyla 2003-2017 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir. Tarama sonucuna göre, üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle ilgili yapılan çalışmaların sayısı her geçen yıl artmaktadır. Bu çalışmalar tıp ve mühendislik başta olmak üzere birçok alanda eş zamanlı şekilde yürütülmektedir. Söz konusu alanların arasında eğitim de yer almaktadır. Üç boyutlu yazıcının tanıtılması, bu teknoloji vasıtasıyla materyal tasarlanıp üretilmesi ve bu teknolojinin öğrenme sürecine olan etkisinin belirlenmesi, eğitim alanında yapılan çalışmalara örnektir. Araştırma sonuçları genellikle üç boyutlu yazıcının katılımcıları birçok yönden etkilediğini göstermektedir. Ancak söz konusu çalışmalar diğer alanlara göre nispeten yenidir. Dolayısıyla eğitimde yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Ancak bu sayı her geçen yıl artmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisine yönelik yapılan çalışmaların ülkeler bazındaki dağılımına bakıldığında zaman ABD'nin ilk sırada yer aldığı görülmektedir. ABD dışında daha birçok ülke yine bu teknoloji hakkında çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Ekonomik ve teknolojik açıdan ileri düzeyde gelişmişlik, bu ülkelerin ortak özelliğidir. Ülkemizde de üç boyutlu yazıcı teknolojisi hakkında birtakım çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmaların sayısı yeterli düzeyde olmamakla birlikte her geçen yıl artmaktadır (Yıldırım, Yıldırım ve Çelik, 2018).

Özsoy ve Duman, endüstri alanının gelişimini sürdürebilmesi için meslek yüksekokullarındaki derslerde üç boyutlu yazıcı kullanılmasının ve aynı zamanda bu teknolojinin öğrencilere öğretilmesinin gerekliliğinden bahsetmişlerdir. Bu doğrultuda üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim alanında kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada üç boyutlu yazıcı teknolojisini tanıtmışlar ve sıklıkla kullanılan modelleri karşılaştırmışlardır. Kullanıldığı alanları ele alarak eğitimdeki yerini tartışmışlardır. Çalışmada üç boyutlu yazıcı teknolojisinin teknik, sağlık ve sosyal bilim alanlarında kullanılabileceği sonucuna ulaşılmış ve bu sayede öğrencilerin daha teknik, yetenekli ve donanımlı bireyler olacakları belirtilmiştir. Ayrıca söz konusu teknolojinin öğrencilere üç boyutlu düşünme, analitik düşünme, tasarım odaklı düşünme, tasarlama ve üretme becerilerini kazandıracağı söylenmiştir (Özsoy ve Duman, 2017).

Yurt dışında yapılan bir başka geniş çaplı literatür taramasında ise, üç boyutlu yazıcının eğitim alanında nerede ve nasıl kullanıldığı detaylı olarak açıklanmıştır. Bu çalışmaya göre üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim amacıyla okullarda, üniversitelerde,

kütüphanelerde ve özel eğitim ortamlarında kullanılmaktadır. Öğrenci ve öğretmenlere üç boyutlu baskı hakkında bilgi vermek, öğrenme sürecini desteklemek, konuların öğrenilmesini sağlayan öğretim materyalleri oluşturmak ve sosyal yardım faaliyetlerini desteklemek, söz konusu teknolojinin eğitim alanındaki genel kullanım amaçlarıdır (Ford ve Minshall, 2019).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim amacıyla sıklıkla tercih edildiği disiplinlerin başında tıp gelmektedir. Tıp, üç boyutlu yazıcının ileri seviyede kullanıldığı eğitim alanlarından biridir. Bu teknoloji vasıtasıyla tıp eğitimi için son derece kaliteli ve gerçekçi modeller üretilmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, üç boyutlu yazıcının anatomi konularının öğretiminde etkin bir rol oynadığı görülmektedir. Örneğin McMennamin ve arkadaşları, üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla kadavranın yerini tutacak anatomik modeller hazırlayarak tıp eğitiminde kullanmayı hedeflemişlerdir. Bu hedef doğrultusunda sinir ve damar gibi en küçük ayrıntıları dahi gösteren etkili modeller üretmişlerdir. Daha sonra çalışmalarında bu modellerin hızlı ve ekonomik şekilde nasıl üretildiğini anlatmışlardır (McMennamin, vd., 2014).

Sezer ve Şahin, üç boyutlu baskının tıp eğitimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada, üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla anatomik yapıları görsel hâle getiren modellerin üretildiği ve tıp eğitiminde etkin olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Bunun sonucunda öğrencilerin görme ve dokunma duyuları harekete geçirilerek öğrenme sürecine aktif olarak katılmaları sağlanmıştır. Üretilen modeller ayrıca öğrencilerin birbiriyle ilişkili olan anatomik yapıları bir bütün hâlinde ve detaylı şekilde incelemelerine fırsat vererek öğrenmelerini kolaylaştırmıştır (Sezer ve Şahin, 2016).

İlk kez kardiyak anatomi eğitimi alacak olan elli üç adet birinci sınıf tıp öğrencisinin katıldığı bir çalışmada, kadavra materyalleri ile üç boyutlu yazıcıdan elde edilmiş materyaller karşılaştırılmıştır. Öncelikle öğrencilere bir ön-test uygulanmıştır. Bilgi düzeyleri arasında herhangi bir farklılığa rastlanmayan öğrenciler daha sonra üç gruba ayrılmıştır. Öğrenme süreci boyunca birinci grupta yalnızca kadavra materyalleri, ikinci grupta yalnızca üç boyutlu yazıcıdan elde edilmiş materyaller, üçüncü grupta ise her iki materyal de kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda bir son-test uygulanmış ve yalnızca üç boyutlu modellerin kullanıldığı gruptaki öğrencilerin diğer iki gruptaki öğrencilerden daha yüksek puanlar aldığı görülmüştür (Lim, K. H. A., vd., 2016). Benzer bir çalışma Smith ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma çerçevesinde bir kadavra bilgisayarlı tomografi ile taranmış ve üç boyutlu anatomik modeller

üretilmiştir. Daha sonra lisans düzeyinde öğrenim gören bir tıp sınıfı, deney ve kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Deney grubunda dersler üç boyutlu anatomik modeller üzerinden işlenirken, kontrol grubunda ise sadece iki boyutlu görüntüler kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda deney grubu öğrencilerinin bilgi düzeyinde, kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Smith, vd., 2018).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sıklıkla kullanıldığı diğer eğitim alanları ise mühendislik ve mimarlıktır. Söz konusu alanlarda bulunan uygulamalı derslerin etkili bir şekilde yürütülmesi ve öğrencilere gerekli deneyimlerin kazandırılması için üç boyutlu yazıcı teknolojisi vasıtasıyla çeşitli prototipler üretilmekte ve kullanılmaktadır. Özsoy, mühendislik eğitiminde üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanılabilirliğini test etmiştir. Ön lisans programında öğrenim gören altı öğrencinin katıldığı çalışmada, üç boyutlu yazıcı kullanılarak jet motoru, otomotiv diferansiyeli ve robot kol prototipi tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu çalışma, öğrencilere üç boyutlu düşünme ve analitik düşünme yeteneğini kazandırmıştır. Ayrıca onların zihinsel, mesleki ve toplumsal gelişimlerine önemli katkılarda bulunmuştur. Çalışmanın başında üç boyutlu yazıcı teknolojisi hakkında bilgi sahibi olmadıklarını belirten öğrenciler, çalışmanın sonunda tasarladıkları projeleri üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretebilme becerisini kazanmışlardır. Öğretmenler bu teknoloji sayesinde konuların öğrenciler açısından daha anlaşılır hâle geldiğini ve bilgilerin hatırlanma seviyesinin yükseldiğini belirtmişlerdir. Uygulamalı derslerin küçük modeller üzerinden sürdürülmesi öğrencilerin derse yönelik ilgi ve motivasyonlarını arttırmıştır. Öğrencilerin derse aktif katılımı sağlanarak interaktif öğrenme ortamı oluşturulmuştur (Özsoy, 2019).

Minetola ve arkadaşları, üç boyutlu yazıcı teknolojisine doğrudan erişimin mühendislik eğitimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma, lisansüstü düzeyde öğrenim gören ve üç akademik yıl boyunca bilgisayar destekli üretim kursuna katılan iki yüzden fazla makine mühendisliği bölümü öğrencisiyle gerçekleştirilmiştir. Kurs boyunca öğrenciler, uygulamalı bir proje kapsamında ürünler tasarlayıp yazdırmışlardır. Proje sırasında üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile gerçekleştirilen etkinlikler, öğrencilere yeni teknik bilgiler sunmuş ve onların öğrenmelerini kolaylaştırmıştır. İlgi ve motivasyonlarını arttırmıştır. Aynı zamanda tasarım ve takım çalışması becerilerini kazandırmıştır (Minetola, vd., 2015).

Güneş ve arkadaşları, ön lisans düzeyinde öğrenim gören mekatronik bölümü öğrencileriyle bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisini ve yazılım programlarını öğrenmeleri hedeflenmiştir. Bu doğrultuda öğrencilerden bir proje geliştirmeleri ve onu hayata geçirmeleri istenmiştir. Proje boyunca aktif şekilde kullanılan üç boyutlu yazıcı teknolojisinin öğrenciler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda öğrencilerin yenilikçi düşünme, tasarım ve üretim becerilerini kazandıkları gözlemlenmiştir. Bu durum onları oldukça motive etmiş ve ar-ge ile inovasyon faaliyetlerinde görev almalarını desteklemiştir. Ayrıca tasarım sırasında yapmış oldukları hataları fark ederek düzeltmişler, sorumluluk alarak süreç içinde yaşanan problemlere kolaylıkla çözüm üretmişlerdir. Öğrenci ile öğretmen arasındaki iletişim güçlenmiş ve bu sayede öğrenciler görüşlerini rahatça ifade edebilmişlerdir (Güneş, vd., 2020).

Al Ruheili ve Al Hajri, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin mimarlık alanındaki etkilerini ortaya çıkarmak adına, peyzaj tasarımı eğitimindeki uygulamaların söz konusu teknoloji yardımıyla yürütülmesini sağlamışlardır. Eğitim sırasında üç boyutlu yazıcıdan yararlanmak, öğrencilerin derse olan ilgisini ve katılımını arttırmıştır. Uzay ve tasarım gibi karmaşık kavramların anlaşılmasını kolaylaştırmıştır. Aynı zamanda öğrenciler de süreç içinde kendi modellerini tasarlayıp üreterek bilgi ve deneyim sahibi olmuşlardır. Ürettikleri modeller sayesinde, tasarım aşamasında yaptıkları hataları tespit etmişler ve bu sayede problem çözme becerilerini geliştirmişlerdir. Öğrencilerin öğrenme düzeylerinde artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonunda öğrenciler, yapılan etkinliklerden keyif aldıklarını ve üç boyutlu yazıcı teknolojisinin öğrenme sürecine entegre edilmesini olumlu karşıladıklarını belirtmişlerdir (Al Ruheili ve Al Hajri, 2021).

Boumaraf ve İncoğlu, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin öğrencilerin mekânsal algıları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmaya lisans düzeyinde öğrenim gören otuz mimarlık bölümü öğrencisi katılmıştır. Öğrencilere bir projenin dijital tasarımı ile yazıcıdan baskısı alınmış model hâli gösterilmiştir. Projenin her iki hâli de öğrenciler için görselleştirme sağlamıştır. Ancak modelin proje detaylarına ve yapısına dair sahip olduğu algının daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcı teknolojisi, projenin öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılmasını sağlayarak onların mekânsal algıları üzerinde olumlu yönde etki bırakmıştır (Boumaraf ve İncoğlu, 2020).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi alanında yaşanan gelişmelerin etkisi altında kalan disiplinlerden biri de grafik tasarımıdır. Gökçearslan, grafik tasarım alanında şimdiye kadar gerçekleştirilen faaliyetlerinden bahsederek üç boyutlu yazıcının bu alan üzerindeki önemini belirten bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırmacıya göre, üç boyutlu yazıcı teknolojisi yeni yaklaşımların ortaya çıkmasına neden olacak ve grafik tasarım eğitimi büyük ölçüde şekillendirecektir. Grafik tasarım derslerinde üç boyutlu yazıcı kullanımı zorunlu hâle gelecektir. Dolayısıyla bu bölümde bulunan öğretmen ve öğrencilerin bir an önce üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanmayı öğrenmeleri gerekmektedir (Gökçearslan, 2017).

Gazi Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü bünyesinde faaliyet gösteren GAZİ DLAB, öğrencilerin üç boyutlu baskı teknolojisi hakkında bilgi sahibi olmalarını ve onu etkili şekilde kullanmalarını sağlamak amacıyla kurulmuş olan bir dijital fabrikasyon laboratuvarıdır. Togay ve arkadaşları, bu laboratuvarı tanıtmak ve aynı zamanda şimdiye kadar üç boyutlu yazıcı teknolojisinin tasarım sürecinde yarattığı etkileri açıklamak üzere bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, üç boyutlu yazıcı teknolojisi öğrencilerin karar verme ve zamanı yönetme becerilerini olumlu yönde etkilemiştir. Öğrencilere üç boyutlu modelleme yeteneğini kazandırmıştır. Böylelikle öğrenciler de bu teknolojiyi profesyonel şekilde kullanmışlar ve geleneksel yöntemlerle üretilmeyecek olan nesneleri kolaylıkla üretmişlerdir. Öğrenci ve öğretmen arasındaki iletişimi güçlendirmiştir. Kendi ürettiği prototiplerle değerlendirilen öğrencilerin mesleki açıdan öz saygılarının artmasını sağlamıştır (Togay, vd., 2017).

Çetin, üç boyutlu tasarım etkinliklerinin öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerileri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu doğrultuda, üç boyutlu tasarım etkinliklerinden oluşan ve sekiz hafta süren bir çalışma yürütmüştür. Lisans düzeyinde yer alan grafik ve canlandırma dersinde yirmi bir öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilen çalışmanın sonunda, öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerilerinin yükseldiği görülmüştür. Öğrenciler, etkinlikler sırasında herhangi bir zorluk yaşamadıklarını ve süreci oldukça faydalı bulduklarını belirtmişlerdir. Öğrenme sürecini verimli şekilde tamamlamışlar ve uzamsal düşünme konusunda farklı bakış açıları elde etmişlerdir (Çetin, 2020).

Chien, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanıldığı bir tasarım kursu açmıştır. Kursiyerlerin tamamı onuncu sınıf öğrencilerinden oluşmuş ve uygulama öncesi iki gruba ayrılmışlardır. Bir grup geleneksel yöntemlerle yarış arabası tasarlarlarken diğer grup üç

boyutlu yazıcı vasıtasıyla tasarımlarını gerçekleştirmiştir. Daha sonra yaratıcılığı, yarış tahmini doğruluğunu ve öğrenme performasındaki değişikliği gözlemlemek amacıyla bir yarış düzenlenmiştir. Her iki grubun başlangıç aşamasında hazırladığı taslaklarda arabaların ilk özelliklerinin benzer olduğu görülmüştür. Ancak daha sonra baskı grubundaki öğrenciler, üç boyutlu yazılım sayesinde arabaların özelliklerini sürekli olarak iyileştirmişlerdir. Dolayısıyla nihai hâli karşılaştırıldığı zaman, baskı grubunun tasarlamış olduğu arabalar çok daha kaliteli ve gelişmişti. Yine de tasarlanmış olan tüm arabalar yarışı başarılı bir şekilde bitirmiştir. Ancak baskı grubunun arabaları yarış genelinde çok daha iyi performans sergilemiştir. Bu durum baskı grubunun süreç içinde yaratıcılığını arttırdığını göstermiştir. Grupların mühendislik kavramlarını ne derece öğrendiğini karşılaştırmak için yarış tahmin sonuçlarına başvurulmuştur. Baskı grubundaki öğrenciler, yarış sonuçlarına yönelik yapılan tahminlerde çok daha başarılı sonuçlara ulaşmışlardır. Bu durum baskı grubu öğrencilerinin mühendislik kavramlarını daha iyi kavradığını göstermiştir. Ancak gruplar arasındaki öğrenme performansı değişikliği anlamlı düzeyde değildir. Özetle bu kurs, öğrencilerin yaratıcılıklarının artmasına ve mühendislik standartları çerçevesinde modeller oluşturmaya olanak tanımıştır (Chien, 2017).

Çekirge, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin öğrencilerin teknoloji ve tasarım dersine yönelik akademik başarıları, motivasyonları, tutumları ve eleştirel düşünme becerileri üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın örneklemini, ortaokul yedinci sınıf düzeyinde öğrenim gören toplam otuz beş öğrenci oluşturmuştur. Gözlemlenen değişkenler açısından birbirine yakın sonuçlara sahip öğrenciler, çalışma öncesinde deney ve kontrol gruplarına ayrılmıştır. Üç hafta boyunca devam eden çalışmada her iki gruba da üç boyutlu tasarım öğretilmiştir. Kontrol grubundaki dersler yalnızca dijital materyallerle işlenirken, deney grubundaki derslerde dijital materyallere ek olarak öğrencilerin tasarlamış olduğu fiziksel materyaller de kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda deney grubunun derse yönelik akademik başarı ve tutum yönünden kontrol grubuna üstünlük sağladığı görülmüştür. Ancak üç boyutlu yazıcı kullanımının derse yönelik motivasyon düzeyleri ve eleştirel düşünme becerileri üzerinde bir etkisi bulunmamıştır (Çekirge, 2019).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitimde kullanılabilirliğine yönelik çalışmalar incelendiğinde, özellikle son yıllarda fen bilimleri alanındaki çalışma sayısında yaşanan artış göze çarpmaktadır. Örneğin Güler, Dilber ve Erdoğan, fen bilgisi öğretmen

adaylarının öğrenme sürecinde üç boyutlu yazıcı kullanımı hakkındaki görüşlerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmaya lisans düzeyinde öğrenim gören otuz yedi adet üçüncü sınıf öğrencisi katılmıştır. Öğretmen adaylarının üç boyutlu yazıcıyı, öğrenme sürecinde ihtiyaç duyulan öğretim materyallerini üreten, konuları somutlaştırarak öğrenmeyi kolaylaştıran, kalıcı öğrenmelerin gerçekleşmesini sağlayan ve çeşitli becerilerin gelişimine katkıda bulunan bir teknoloji olarak tanımladıkları görülmüştür. Ayrıca çalışma sonunda tasarım yeteneği kazanarak üretken bireyler hâline gelmişlerdir. Karşılaştıkları sorunları tasarım yoluyla çözmeye çalışmışlardır (Güleryüz, Dilber ve Erdoğan, 2019). Benzer bir çalışma Doğan ve Uluay tarafından da gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan kırk adet son sınıf fen bilgisi öğretmen adayına yedi hafta boyunca üç boyutlu tasarım eğitimi verilmiştir. Eğitim sonunda öğretmen adayları, programı kullanırken herhangi bir zorlukla karşılaşmadıklarını söylemişlerdir. Ayrıca fen bilgisi dersi için uygun bir uygulama olarak gördükleri tasarım programını mesleğe başladıklarında kullanacaklarını belirtmişlerdir (Doğan ve Uluay, 2020). Karagöz ve Şahin Çakır'ın yürütmüş oldukları çalışmaya katılan öğretmen adaylarına göre üç boyutlu yazıcı, gerçeğe yakın deneyim imkânı sağlayarak etkili öğrenme ortamları oluşturur. Öğrencilerin dikkatini çekerek derse katılım sağlar. Tam ve anlamlı öğrenmelerin gerçekleşmesine yardımcı olur. Kavram öğretimini kolaylaştırarak yanlış öğrenmelerin önüne geçer. Dolayısıyla öğretmen adaylarına göre bu teknolojinin fen öğretimindeki kullanımı yaygın hâle getirilmelidir. Öğrencilerin de bu teknolojiyi kullanmalarına yardımcı olunmalıdır. Çalışmanın sonunda öğretmen adayları, üç boyutlu yazıcı teknolojisine yönelik zaman, maliyet, bilgi eksikliği ve altyapı yetersizliği gibi dezavantajların çözüme kavuşturulması gerektiğini de belirtmişlerdir (Karagöz ve Şahin Çakır, 2020).

Spyros ve arkadaşları, fen bilgisi dersi müfredatında yer alan sürtünme konusunun öğretiminde üç boyutlu yazıcıdan yararlanarak söz konusu teknolojinin bu ders üzerindeki etkililiğini ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Çalışma kapsamında üç boyutlu yazıcının derse yönelik anlama, ilgi ve kaygı düzeylerini ne derece etkilediği araştırılmıştır. Araştırmaya ilkökul düzeyinde öğrenim gören yüz on bir öğrenci katılmıştır. Öğrenciler, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanıldığı deney grubu ve günlük malzemelerin kullanıldığı kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. İki grupta da sürtünme ve dayandığı faktörler yapılandırmacı yaklaşıma uygun şekilde anlatılmıştır. Çalışma sonuçları incelendiğinde, deney grubunun anlama düzeyi artarken

kaygı düzeyleri azalmıştır. Ancak derse yönelik ilgi düzeyi her iki grup için de aynı kalmıştır (Sypros, vd., 2021).

Avinal, fen bilgisi dersi altıncı sınıf düzeyinde yer alan vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğretiminde üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle uyumlu birtakım etkinliklerin yapılmasının öğrenciler üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmaya deney ve kontrol gruplarına ayrılmış toplam altmış öğrenci katılmıştır. Öğrencilerin çalışma öncesindeki derse yönelik başarı düzeylerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra deney grubunda dersler üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle uyumlu etkinliklerle sürdürülürken, kontrol grubunda herhangi bir etkinlik yer almamıştır. Çalışma tamamlandığında deney grubunun akademik başarı düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Deney grubundaki etkinlikler grup çalışması şeklinde yürütülmüştür. Yapılan gözlem sonucunda deney grubu öğrencilerinin her geçen hafta iletişim, uyum, iş birliği ve zamanı etkili kullanma gibi becerilerinin giderek arttığı görülmüştür. Son olarak deney grubundan dokuz öğrenciyle görüşme yapılmıştır. Görüşme sonunda dersin eğlenceli ve aktif geçtiği, sıkıcılıktan kurtulduğu anlaşılmıştır. Öğrenciler konuları daha iyi anlamış ve hayal güçlerini geliştirmişlerdir (Avinal, 2019).

Gürel Taşkiran, fen bilgisi dersinde üç boyutlu yazıcı kullanımının öğrencilerin derse yönelik tutumları ve üç boyutlu yazıcı teknolojisine yönelik görüşleri üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Çalışmanın örneklemini, iki ayrı ortaokulun yedinci ve sekizinci sınıflarında öğrenim gören toplam kırk sekiz kız ve altmış erkek öğrenci oluşturmuştur. Dersler önce düz anlatım yöntemiyle daha sonra on hafta boyunca üç boyutlu yazıcı teknolojisi uygulamalarıyla işlenmiştir. Çalışmanın sonunda kız öğrencilerin erkek öğrencilere göre derse yönelik tutum düzeylerinde anlamlı derecede farklılık ortaya çıkmıştır. Ayrıca öğrenciler söz konusu teknolojiye yönelik olumlu görüşler belirtmişlerdir. Üç boyutlu yazıcının fen bilgisi dersinde kullanımına karşı farkındalık düzeyleri artmıştır (Gürel Taşkiran, 2019).

Novak ve Wisdom, sınıf öğretmeni adaylarının fen öğretimi becerileri hakkında bilgi edinmek amacıyla proje kapsamında bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın amacı, üç boyutlu baskı uygulaması ile fen öğretimi öz yeterlik inancı, fen öğretmeye yönelik kaygı, fen bilimlerine duyulan ilgi, mühendislik bilimi üzerine algılanan yeterlik ve fen alan bilgisi arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda, üç boyutlu baskı ile bütünleştirilmiş iş birlikçi ve sorgulamaya dayalı bir öğrenme faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Öncelikle her katılımcı bireysel olarak bir tekne tasarlamıştır. Daha

sonra tasarlanan teknelerin su üzerinde yüzüp yüzmediğini test eden bir deney gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda katılımcıların fen öğretimi öz yeterlik inançları, fen bilimine duydukları ilgi ve mühendislik bilimi üzerine algıladıkları yeterlik düzeylerinin artış gösterdiği görülmüştür. Aynı zamanda fen öğretmeye yönelik kaygıları da azalmıştır. Ancak fen alan bilgisi üzerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır. Son olarak katılımcılar, bu teknolojinin iş birlikçi çalışmaya katkı sağladığına inanmışlardır. Üç boyutlu yazıcı kullanmayı öğrenirken eğlenmişler ve bu eğitimi aldıkları için mutlu olmuşlardır. Bu çalışma sayesinde edindikleri deneyimleri gelecekteki öğretim süreçlerine dâhil edeceklerini belirtmişlerdir (Novak ve Wisdom, 2018).

Fen bilgisi dersinin içeriğinde yer alan bazı konuların anlaşılmasını sağlamak adına fosil örneklerinin incelenmesi öğrenciler için büyük bir öneme sahiptir. Müzeler bu konuda eğitimcilere birtakım fırsatlar sağlasa da, birçok fosil örneğinin öğrenme ortamına getirilmesi imkânsızdır. Ancak üç boyutlu yazdırma teknolojisi, fosil örneklerine erişim noktasında eğitimcilerin yardımına koşturmaktadır. Konuyla ilgili fosil örneklerine internet üzerinden ulaşılabilmekte ve bu teknoloji sayesinde rahatlıkla üretilebilmektedir. Grant ve arkadaşları, üç boyutlu yazıcı teknolojisi sayesinde paleontoloji biliminin ve fosil kullanımının eğitime dâhil edilebilirliğini göstermek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında, neojen dönemde yaşamış olan bir Megalodon türü köpek balığının dişleri üç boyutlu yazıcı aracılığıyla üretilmiştir. İki ortaokul ve iki lisede yürütülen çalışmada fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) yaklaşımının dört bileşeni de etkili şekilde kullanılmıştır. Çalışma sonucunda derse katılımın arttığı gözlemlenmiştir. Öğrenciler veri toplama, analiz etme, sonuç çıkarma ve modelleme deneyimleri kazanmışlardır. Paleontoloji alanına yönelik bilgi ve becerilerini geliştirmişlerdir. FeTeMM disiplinleri arasındaki bağı anlamışlar ve FeTeMM uygulamalarına ilgi göstermişlerdir (Grant, vd., 2017).

Chery ve arkadaşları, onuncu sınıf düzeyinde öğrenim gören öğrencilerin kimya dersinde yer alan atomun yapısı konusunu anlamakta zorlandıklarını tespit etmişlerdir. Bu sorunu çözmek adına üç boyutlu yazıcının kullanıldığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. İki farklı sınıfın yer aldığı bu çalışmada öğrenciler, deney ve kontrol grubu olmak üzere dörder kişilik gruplara ayrılmışlardır. Her gruba bir element verilmiştir. Deney grubunda yer alan öğrenciler, üç boyutlu yazılım programlarında atomun yapısını tasarlamışlardır. Daha sonra bu tasarımların baskısı alınmıştır. Elde edilen atom modelleri boyanarak bir araya getirilmiş ve konu hakkında kısa sunumlar

yapılmıştır. Kontrol grubundaki öğrenme sürecindeyse geleneksel yöntemler kullanılmıştır. Öğrencilere uygulanan ön-test ve son-test sonuçları göz önüne alındığında, deney grubunun konuyu daha iyi anladığı ortaya çıkmıştır (Chery, vd., 2015).

Matematik ve geometri, öğrencilerin anlamakta güçlük çektiği derslerin başında gelmektedir. Dolayısıyla bu dersler öğrenciler tarafından genellikle zor ve karmaşık gibi ifadelerle tanımlamaktadırlar. Söz konusu derslerin öğrenimini kolaylaştırmak ve öğrencilerin olumsuz görüşlerini tersine çevirebilmek adına, üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla çeşitli öğretim materyalleri üretilmektedir. Örneğin Yılmaz ve Algil'in yapmış olduğu çalışmada, matematik dersinde kullanılmak üzere bir öğretim materyalinin tasarım ve üretim süreci anlatılmıştır. Araştırmacılar, öğretmenlerin öğrenme sürecinde kullanmayı düşündükleri öğretim materyallerini teknoloji vasıtasıyla, kendi istekleri doğrultusunda tasarlayıp üretebilmeleri fikrinden yola çıkmışlardır. Böyle bir durumun öğretmen ve öğrenciler açısından sağlayacağı faydalardan söz etmişlerdir. Bu amaç doğrultusunda ise öğrencilerin öteleme, yansıma ve dönme gibi konuları anlamalarını kolaylaştıran bir tangram modeli üretmişlerdir (Yılmaz ve Algil, 2018).

Huleihil, üç boyutlu baskının ortaokul altıncı sınıf düzeyinde okutulan matematik ve geometri derslerinin öğretimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma kapsamında öncelikle kâğıt üzerinde ve daha sonra yazılım programında hedef tasarımların yapılması, öğrencilerin matematiksel kavramları öğrenmesini kolaylaştırmış ve becerilerini geliştirmesini sağlamıştır. Tasarımların üretilmesiyle birlikte, öğrenciler yapıları yakından kontrol ederek rahat bir şekilde değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak üç boyutlu yazıcı teknolojisinin, öğrencilerin yansıtıcı düşünme ve matematiksel düşünme becerilerini geliştirdiği görülmüştür. Böylece söz konusu teknolojinin, matematik ve geometri öğretimini geliştirebilecek araçlar arasında yer aldığı söylenebilir (Huleihil, 2017).

Kwon, üç boyutlu tasarım ve baskı üzerine verilen eğitimin ortaokul öğrencilerinin motivasyonları, ilgi alanları, matematiksel ve teknik becerileri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmanın başında öğrencilere üç boyutlu tasarım programları hakkında gerekli bilgiler verilmiştir. Daha sonra öğrenciler, öğrendikleri bilgiler ışığında çeşitli tasarımlar yapmışlardır. Ardından tasarımların baskıları alınmıştır. Çalışma süresince öğrencilerin motive oldukları görülmüştür. Bu durum onların matematiksel ve teknik becerilerinin gelişmesini sağlamıştır. Ayrıca öğrenciler tasarım ve baskı aşamasına oldukça ilgi duymuşlardır (Kwon, 2017).

Üç boyutlu yazıcı son zamanlarda, görme engeline sahip bireylerin öğrenmelerini kolaylaştırmaya yarayan bir öğretim aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Wonjin ve arkadaşları, görme engeli bulunan öğrenciler için tarih dersinde kullanılabilecek öğretim materyallerinin üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilebilirliğini araştırmışlardır. Bu doğrultuda, öğrencilerin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde çeşitli dokunsal öğretim materyalleri üretilmiştir. Öğretmenler başlangıçta öğrencilere rehberlik ederek, materyallerin özelliklerini anlamaları konusunda onlara yardımcı olmuşlardır. Daha sonra öğrenciler kendi başlarına materyalleri incelemişlerdir. Uygulama sonunda üç boyutlu yazıcı teknolojisinin yanlış öğrenmeleri engellediği ve içeriği zenginleştirerek sunumu güçlendirdiği görülmüştür. Ayrıca bu teknoloji, öğrencilerin konuyu anlamasını kolaylaştırmıştır. Karmaşık konu ve kavramlar hakkında fikir vermiştir. Hayal güçlerini geliştirmiştir. Sürekli dokunma fırsatı vererek derse olan ilgilerini canlı tutmuştur. Dolayısıyla öğrenciler bu teknolojiye değer vermişlerdir. Öğretmenler de öğrenciler gibi bu teknolojinin önemini ve kullanışlılığını kabul etmişlerdir (Wonjin, vd., 2016).

Kostakis ve arkadaşları, üç boyutlu yazıcı teknolojisini hem öğrenme hem de bir iletişim aracı olarak kullanmayı amaçlamışlardır. Bu doğrultuda iki ayrı lisede öğrenim gören toplam otuz üç öğrencinin katıldığı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Lise öğrencileri, çalışma boyunca görme engeline sahip öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştıracak materyaller tasarlayıp üretmişlerdir. Çalışma tamamlandığında iki öğrenci grubu arasında iletişim ve iş birliği becerilerinin geliştiği görülmüştür. Ayrıca tasarım ve üretim aşamalarını yürüten lise öğrencilerinin yaratıcılıkları artmıştır (Kostakis, Niaros ve Giotitsas, 2015).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, çoğunlukla soyut konu ve kavramlardan oluşan derslerin öğretimi için kritik bir öneme sahiptir. Bu tanıma en uygun derslerden biri de sosyal bilgilerdir. Söz konusu dersin öğretiminde bahsi geçen teknolojinin kullanılmasının birçok açıdan önemli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir. Karaduman, sosyal bilgiler eğitiminde üç boyutlu yazıcı teknolojisinin nasıl kullanılabileceği hakkında bir çalışma yürütmüştür. Bu amaç doğrultusunda öğretim programı detaylı şekilde incelenmiş ve söz konusu teknolojinin sosyal bilgiler dersinde uygulanabilirliği gözden geçirilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi sayesinde öğretim programında yer alan kavram, yetkinlik, beceri ve kazanımlara kolay bir şekilde ulaşabilecekleri belirtilmiştir. Ayrıca söz konusu teknolojinin sınıf dışı öğrenme ve müze eğitiminde de önemli katkılar sağlayabileceği

aktarılmıştır (Karaduman, 2017). Yine aynı yazar, sosyal bilgiler öğretmen adaylarının üç boyutlu yazıcıya ve bu yazıcı vasıtasıyla üretilen modellere ilişkin görüşlerini belirlemek, onların gözünden bu teknolojinin sosyal bilgiler dersine olan katkısını açıklamak amacıyla bir başka çalışma daha yürütmüştür. Çalışmaya yirmi öğrenci katılmıştır. Öğrenciler üç boyutlu yazıcıyı soyut konuları somutlaştıran, ihtiyaç duyulan materyalleri üreten, üçüncü boyutu ve dokunma duyusunu aktif hâle getiren ve sonuç olarak öğrenme sürecini kolaylaştıran devrimsel bir teknoloji olarak tanımlamışlardır. Ayrıca söz konusu teknolojinin, birden fazla duyu organını harekete geçirerek kalıcı öğrenmeler gerçekleşmesine yardımcı olma, dikkat çekme, güdüleme, çeşitlilik sağlayarak dersi sıkıcılıktan kurtarma ve ziyaret edilemeyen eser ve nesneleri öğrenme ortamına getirme gibi katkılar sunacağını belirtmişlerdir (Karaduman, 2018).

İlgili literatürde, üç boyutlu yazıcıların sosyal bilgiler dersinde kullanımına ilişkin yalnızca bir adet deneysel çalışma vardır. Maloy ve arkadaşları, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin ortaokul sekizinci sınıf tarih/sosyal bilgiler derslerinde kullanımına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Birbirinden farklı konuların belirlendiği dört ayrı sınıfta, öğrenciler üç tarih/sosyal bilgiler öğretmeni, üç öğretmen adayı, bir teknoloji öğretmeni, bir sanat öğretmeni ve bir kütüphaneci eşliğinde seçtikleri konulara ilişkin projeler geliştirmişlerdir. Geliştirilen projeler derslerde kullanılmıştır. Bu projelerin kullanıldığı öğrenme süreçlerinde, öğrenme-öğretme şeklinin ve öğretmen ile öğrenci arasındaki ilişkinin değiştiği gözlenmiştir. Öğrenciler, fikirlerini belirtmek için bu teknolojinin uygun olduğunu söylemişlerdir. Öğretmenlerin tarih/sosyal bilgiler derslerinde bu teknolojinin kullanılabilirliği konusundaki fikirleri değişmiştir. Bu çalışmada üç boyutlu yazıcı teknolojisi, bireysel farklılıklara sahip olan öğrencilerin kendilerini kolay bir şekilde ifade etmelerini sağlamış ve onların ilgilerini konuya çekerek öğrenmelerini kolaylaştırmıştır (Maloy, vd., 2017).

Özetle yapılan çalışmalar eğitimde üç boyutlu yazıcı kullanımının, öğrencilerin zihinsel gelişimine (Özsoy, 2019) ve onların konuları daha kolay öğrenmelerine yardımcı olduğunu göstermiştir (Yılmaz ve Algil, 2018). Ayrıca bu teknolojinin öğrencilerin başarıları (Avinal, 2019; Çekirge, 2019; Smith, vd., 2018), tutumları (Çekirge, 2019; Minetola, vd., 2015) ve motivasyonları (Kwon, 2017; Minetola, vd., 2015; Özsoy, 2019; Şengel, Koçak ve Güleriyüz, 2019; Tu ve Chiang, 2016) üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Üç boyutlu yazıcının, öğrencilerin derse katılımlarını (Avinal, 2019; Kolonich, 2017; Şengel, Koçak ve Güleriyüz, 2019), ilgilerini (Avinal,

2019; Minetola, vd., 2015; Özsoy, 2019), meraklarını (Çetin, Berikan ve Yüksel, 2019), yaratıcılıklarını (Çetin, Berikan ve Yüksel, 2019; Kostakis, Niaros ve Giotitsas, 2015), çeşitli alanlardaki okuryazarlıklarını (Kolonich, 2017; Kostakis, Niaros ve Giotitsas, 2015), matematik ve gerçek yaşam becerilerini (Kwon, 2017) arttırdığı ve üç boyutlu düşünme ile analitik düşünme yeteneğini geliştirdiği (Özsoy, 2019) görülmüştür. Söz konusu çalışmalar; tıp, mühendislik, mimarlık, teknoloji, tasarım, fen bilimleri, matematik, geometri, sosyal bilgiler ve tarih eğitimlerine yönelik olarak ilkokul, ortaokul, lise, ön lisans, lisans ve lisansüstü düzeyinde öğrenim gören öğrencilerle gerçekleştirilmiştir. Hatta son yıllarda, görme engeli bulunan öğrenciler de yapılan çalışmaların merkezinde yer almışlardır. Ancak yine de eğitim alanında yapılan çalışma sayısı yeterli değildir (Karaduman, 2017, 2018; Karagöz ve Şahin Çakır, 2020; Kuzu Demir, vd., 2016). Dolayısıyla üç boyutlu yazıcıların eğitim alanında kullanımının yaygınlaşabilmesi için, bu teknolojiye yönelik daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

2.12. ÜÇ BOYUTLU YAZICI VE SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETİMİ

İnsanların yaşadıkları çevreye hâkim olmak ve onu değişen istek ile ihtiyaçlarına uygun olacak şekilde yeniden düzenlemek adına ürettiği tüm araç-gereçler teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Garmire ve Pearson, 2006; Pearson ve Young, 2002). İnsanoğlu, var olduğu günden bu yana karşılaştığı sorunlara çözüm üretebilmek, istek ve ihtiyaçlarını giderebilmek, işlerini kolaylaştırabilmek ve çalışmalarında az emek harcayarak üst düzey sonuçlar elde edebilmek amacıyla birçok teknolojik yeniliğe imza atmıştır (Günay ve Arıduru, 2001). İnsanoğlunun sorunları, istekleri ve ihtiyaçları sınırsız olduğu için, teknoloji tarihsel süreç boyunca sürekli gelişim göstermiş ve günümüzde yaşamın vazgeçilmez bir parçası hâline gelmiştir (Özerbaş, 2020). Geçmişten günümüze yaşanan süreçte, insanlar yaşamlarının her anında teknolojiden yararlanmaya çalışmışlardır (Saçlı, 2017). İçinde bulunduğumuz çağa adını veren teknoloji, günümüzde hızlı ve köklü bir şekilde gelişme göstermektedir (Kılınç, 2013). Teknolojide yaşanan gelişmeler; tıp, mühendislik, mimarlık ve endüstri başta olmak üzere tüm toplumsal alanları etkisi altına almaktadır (Akyol Altun, 2007; Coşkun ve Çömlekçi, 2011; Güllü, 2019; Günay, 2001). Bu alanlar, teknolojik gelişmeleri yakından takip etmekte ve yaşanan değişimlere hızlı bir şekilde uyum sağlamaktadırlar. Teknolojik gelişmelerin etkisi altına aldığı bir başka önemli alan hiç şüphesiz eğitimidir. Devletlerin politikalarına

dahi yön veren teknolojinin, eğitimi etkisi altına almaması düşünülemez (Seferoğlu, 2015). Teknoloji ve eğitim birbirini sürekli etkileyen, insanlık için çok değerli ve vazgeçilmez olan iki alandır (Uça Güneş, 2016). Eğitim vasıtasıyla bireylere aktarılması gereken yeni bilgi ve beceriler, teknoloji alanında yaşanan gelişmeler doğrultusunda üretilmektedir. Ayrıca teknolojik gelişmeler, bireylerin sahip olmaları gereken niteliklerin belirlenmesinde önemli bir etkidir (Seferoğlu, 2015). Günümüzde bilgiye kendi çabası sonucunda ulaşip onu doğru şekilde kullanabilen, bilgiyi elde etme aşamasında teknolojiden faydalanabilen, eleştirel düşünebilen, sorumluluk alarak güncel sorunlarla başa çıkabilen, problem çözebilen, yaratıcı düşünüp yenilikçi fikirler üretebilen, iş birlikli şekilde çalışabilen, iletişim becerileri yüksek, girişimci vb. gibi çağın gerektirdiği niteliklere sahip bireylerin yetiştirilmesi amaçlanmaktadır (Eryılmaz ve Uluyol, 2015; Wagner, 2008). Hem üretilen yeni bilgi ve becerilerin hem de çağın gerektirdiği niteliklerin geleneksel öğretim yöntemleriyle bireylere kazandırılması oldukça zor olduğu için (Seferoğlu, 2015), öncelikle eğitim sistemlerinin çağın koşullarına uygun olacak şekilde hazırlanması ve öğrenme ortamlarının en son ve en yeni teknolojik araçlarla donatılması gerekmektedir (Erişen ve Çeliköz, 2011). Bu nedenle günümüzde tebeşir, kara tahta ve ders kitaplarının kullanıldığı geleneksel sınıflar yerini internet, bilgisayar, projeksiyon, tablet ve akıllı tahta gibi teknolojik araçların kullanıldığı çağdaş sınıflara bırakmaktadır (Polat ve Özcan, 2014). Artık sınıflarda teknolojik araçların kullanılması öğretmenlerin tercihinine bağlı olmaktan çıkarak bir zorunluluk hâline gelmiştir (Yavuz ve Coşkun, 2008). Bu nedenle eğitim de diğer toplumsal alanlar gibi teknolojik gelişmeleri yakından takip etmek ve yaşanan değişimlere hızlı bir şekilde uyum sağlamak zorundadır (Avcı ve Kula, 2020). Dolayısıyla eğitim alanında teknolojinin göstermiş olduğu gelişmelere paralel olarak bazı değişiklikler yaşanmaktadır. Teknolojinin gelişmesi kapsamında eğitim alanında yapılan en önemli değişikliklerden biri öğretim programlarının yenilenmesidir. Öğrenme sürecinin verimliliğini arttırmak ve bireylerin değişen dünya koşullarına ayak uydurabilecek şekilde yetişmelerini sağlamak amacıyla, öğretim programları zaman zaman değişikliklere uğramıştır (Toprak ve Demirel, 2018). Söz konusu değişiklikler, güncel eğitim yaklaşımları ve teknolojide yaşanan gelişmeler dikkate alınarak yapılmaktadır. Bu doğrultuda öğretim programları, hem öğrencilerin değişen ilgi, istek ve ihtiyaçlarına hem de çağın gereklerine uygun olacak şekilde güncellenmekte ya da yeniden hazırlanmaktadır (Arpa, 2017). Ülkemizde de çağdaş eğitim yaklaşımlarını sisteme entegre etmek ve çağın gerektirdiği koşullara uyum sağlamak amacıyla mevcut öğretim

programlarında zaman zaman birtakım değişikliklere gidilmiştir (Akınoğlu, 2005). Bu değişikliklerin belki de en önemlisi, 1998 yılında çalışmalarına başlanan ve 2005 yılında tamamlanan öğretim programlarıdır (Ünal ve Çelikkaya, 2009). 2005-2006 eğitim-öğretim yılından itibaren kademeli bir şekilde uygulamaya konan bu programlarda, o güne kadar devam eden davranışçı yaklaşım anlayışı terk edilerek ilk kez yapılandırmacı yaklaşım benimsenmiştir (Yazar, 2019). Bu programlar ile öğrencilerin öğrenme sürecinin merkezinde aktif bir şekilde yer alması, üst düzey düşünme becerilerinin geliştirilmesi ve desteklenmesi, ilgi, istek ve ihtiyaçlarının karşılanması, sahip oldukları bireysel farklılıklar doğrultusunda öğrenme ortamının çeşitli yöntem ve tekniklerle düzenlenmesi, çeşitli etkinlikler yoluyla öğrenciler arasındaki etkileşimin sağlanması ve bilginin bireysel çabalar sonucunda kazanılması amaçlanmıştır (Ünlü, 2021).

Yapılandırmacılık, öğrenme sürecinde teknolojik araçların kullanımına önem veren bir yaklaşımdır (Demiralp, 2007). Bu yaklaşımın hâkim olduğu bir öğrenme ortamı, çağa uygun teknolojik araçlarla donatılmalı ve sürekli yenilenmelidir (Oğuz, 2009). Bu yaklaşıma göre teknolojik araçlar, öğrencilere bilgi aktarımında ve öğrencilerden dönüt alınmasında etkin olarak kullanılmalıdır (Neo, 2003). Öğretmenler bu araçları kullanarak, öğrencilerin beklenti ve ihtiyaçlarına göre öğrenme sürecini düzenleyebilirler (Gültekin, Karadağ ve Yılmaz, 2007). Öğrenciler de bu araçlar sayesinde kalıcı ve anlamlı öğrenmeler gerçekleştirebilirler. Bu nedenle öğretmenler öğrenme sürecinde teknolojik araçları kullanmaktan çekinmemeli, aksine bu araçlar vasıtasıyla etkili öğrenme ortamları oluşturarak öğrencilere yardımcı olmalıdırlar (Neo, 2003). Bu yüzden yapılandırmacı yaklaşım esas alınarak hazırlanan öğretim programlarında, öğrenci ve öğretmenleri teknolojik araç kullanımına yönlendiren birçok maddeye yer verilmiştir (MEB, 2005a; MEB, 2005b; MEB, 2018a). Günümüzde kullanılan öğretim programları yapılandırmacılık yaklaşımı çerçevesinde hazırlandığı için, öğrenme ortamlarında ve öğrenme süreçlerinde teknolojik araçların kullanımı bir zorunluluk hâline gelmiştir. Aralarında bireysel farklılıklar bulunan öğrencilerin hepsine hitap etmek (Ulusoy ve Gülüm, 2009), kalıcı (Dickinson ve Bass, 2020) ve anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmelerine yardımcı olmak (Akgün, vd., 2014), öğrenme sürecini kolaylaştırmak (Şahin, 2015) ve dersi eğlenceli hâle getirmek için (Arslan ve Şendurur, 2017), onların farklı duyu organlarını harekete geçirecek çeşitli teknolojik araçlar kullanılmalıdır (Gönenç ve Açıkalın, 2017). Geçmiş dönemlerde teknolojik araçlar, yaygın şekilde piyasada bulunmaması ve var olanların ise oldukça pahalı olması gibi

çeşitli kısıtlılıklar nedeniyle öğrenme süreçlerinde kullanılamamıştır (Fidan, 2008). Günümüzde ise teknoloji alanında yaşanan gelişmeler sayesinde, konuları somutlaştırmak ve birden fazla duyu organını harekete geçirmek adına bilgisayar, akıllı tahta ve tablet gibi birçok teknolojik araç öğrenme süreçlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Polat ve Özcan, 2014). Söz konusu teknolojik araçlar, öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmaktadır.

1998 yılında başlayan program geliştirme çalışmaları sonucunda, yaşanan teknolojik gelişmelere uyum sağlamak ve öğrenme sürecini daha etkili hâle getirmek amacıyla yapılandırmacılık yaklaşımı kapsamında hazırlanan öğretim programlarından bir tanesi de Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'dır (Sözen ve Ada, 2018). Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nda belirtilen hedefler, öğrenme alanları, kazanımlar ve beceriler, teknoloji ile iç içe olacak şekilde hazırlanmış ve programda teknoloji kavramına sıkça yer verilmiştir. "Bilim, Teknoloji ve Toplum" adında bir öğrenme alanı oluşturulmuştur. Öğrenci ve öğretmenleri teknolojik araçların kullanımına yönlendiren birçok madde belirlenmiştir. Ayrıca programda, öğrencilerin bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanmaları amaçlanmış ve bu sayede bilgi teknolojilerini kullanma becerisini kazanmaları hedeflenmiştir. Programın uygulayıcısı olan öğretmenlerden ise, teknolojik araç ve programları dersin bir parçası hâline getirmeleri beklenmiştir (MEB, 2005a; MEB, 2005b). 2005 Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı, zaman zaman güncellemelere uğrayarak 2017 yılına kadar yürürlükte kalmıştır. 2017 yılında yeni bir öğretim programı hazırlanmış ve 2018 yılında güncellemeye uğramıştır. 2018 Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı, tıpkı 2005 programında olduğu gibi yapılandırmacı yaklaşım çerçevesinde hazırlanmıştır (Turan, 2019). Yine 2005 programına benzer bir şekilde 2018 programı da teknoloji ile iç içedir. Programın temelini oluşturan yetkinlikler arasında teknoloji ile alakalı olan "Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler" ile "Dijital yetkinlik" (MEB, 2018a, s. 5) göze çarpmaktadır. "Bilim, Teknoloji ve Toplum" öğrenme alanı programdaki yerini korumuştur. Bu öğrenme alanı içinde, öğrencilerin bilgiye ulaşma aşamasında teknolojiden yararlanma becerisini kazanmaları amaçlanmıştır. Ayrıca öğrencilerin bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak dijital okuryazarlık becerisini kazanmaları hedeflenmiştir (MEB, 2018a). MEB Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü tarafından 2017 yılında yayınlanan "Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri" isimli raporda, öğretim programlarının sorunsuz bir şekilde uygulanabilmesi için öğretmenlerin sahip olması

gereken bilgi, beceri ve tutumlar açıkça belirtilmiştir. Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri'ne ek olarak, öğretmenlerin kendi alanlarında ulaşmaları istenen gelişim hedeflerini belirlemek amacıyla "Özel Alan Yeterlikleri" adında bir rapor daha yayınlanmıştır. "Sosyal Bilgiler Öğretmeni Özel Alan Yeterlikleri" bu raporlardan biridir. Bu rapor, "Öğretim Sürecini Planlama ve Düzenleme", "Öğrenme-Öğretme Süreci", "İzleme ve Değerlendirme", "Okul, Aile ve Toplumla İş Birliği Yapma" ve "Mesleki Gelişimi Sağlama" olmak üzere beş yeterlik alanından oluşmaktadır. Bu beş yeterlik alanı altında toplam yirmi adet yeterlik, bu yeterliklere ilişkin ise A1, A2 ve A3 düzeylerine ayrılmış biçimde toplam yüz otuz iki adet performans göstergesi belirlenmiştir (MEB, 2017b). "Öğretim sürecini planlama, amaca uygun olarak ortamlar düzenleme, materyal hazırlama ve kaynaklardan yararlanma" uygulamalarını kapsayan "Öğretim Sürecini Planlama ve Düzenleme" yeterlik alanında, "Öğretim sürecine uygun materyaller ve kaynaklar kullanabilme" adında bir yeterliğe yer verilmiştir. Söz konusu yeterlik için A1 düzeyinde belirlenen performans göstergelerinden biri, "Öğretim sürecinde TV, yazılımlar ve internet gibi çeşitli materyallerden ve kaynaklardan yararlanmanın önemini bilir" diğeri ise "İçeriğe, öğrencilerin gelişimine ve seviyesine uygun mevcut materyalleri sınıf seviyesine uygun bir şekilde kullanır" olarak belirtilmiştir. Yine aynı yeterliğin A2 düzeyinde belirlenen performans göstergelerinden bazıları, "Mevcut yazılı, görsel ve işitsel materyalleri, içeriğe, öğrencilerin gelişimine ve hazır bulunuşluk düzeylerine göre öğretim programına uygun bir şekilde geliştirir", "Öğretimi desteklemek amacıyla teknolojik araçları yazılım ve internet siteleri gibi seçerek düzenli bir şekilde kullanır", "Öğretim sürecinde öğrencilerin çeşitli materyallere ve kaynaklara erişimlerini ve kullanmalarını sağlar" ve "Araştırma, bilgiye erişme ve bilgiyi paylaşma amacıyla arama motorlarını, internet sitelerini-portallarını ve veri tabanlarını kullanır" şeklinde ifade edilmiştir. A3 düzeyinde belirlenen bazı performans göstergeleri ise, "Öğretim sürecinde kullandığı materyalleri kullanışlılığı, güncelliği, etkililiği gibi açılardan değerlendirerek zenginleştirir veya özgün materyaller hazırlar", "Mevcut olanaklar doğrultusunda öğrencilerin teknolojik araçlardan yararlanabilmeleri için uygun ortam hazırlayıp bu kaynaklara eşit olarak erişmelerini sağlar" ve "Bilişim teknolojileri araçlarını öğrenciyle, meslektaşlarıyla, yöneticilerle, ailelerle ve uzmanlarla etkili iletişim ve işbirliği için kullanır" (MEB, 2017b, s. 175) olarak belirtilmiştir. "Türk tarihi ve kültürünü oluşturan temel öğelerini, insan, yer ve çevre etkileşimini, ekonomik faaliyetler ve toplum üzerindeki etkisini, vatandaşlık bilincini, temel hak ve sorumluluklar ilişkisini, Atatürk İlke ve İnkılâpları ile bireysel farklılıkları dikkate alan" uygulamaları kapsayan

"Öğrenme-Öğretme Süreci" yeterlik alanında, "Özel gereksinimli ve özel eğitime gereksinim duyan öğrencileri dikkate alan uygulamalar yapabilme" adında bir yeterliğe yer verilmiştir. Söz konusu yeterlik için A2 düzeyinde belirlenen performans göstergelerinden biri, "Özel gereksinimli ve özel eğitime gereksinim duyan öğrencilere yönelik görsel materyallerle desteklenmiş, zengin öğretim ortamları oluşturur" (MEB, 2017b, s. 178) olarak belirtilmiştir. "Öğretim sürecini desteklemede öğretmenin mesleki gelişime yönelik" uygulamalarını kapsayan "Mesleki Gelişimi Sağlama" yeterlik alanında, "Sosyal bilgiler öğretimine ilişkin kişisel ve mesleki gelişimini sağlayabilme" adında bir yeterliğe yer verilmiştir. Söz konusu yeterlik için A2 düzeyinde belirlenen performans göstergelerinden biri, "Araştırma, planlama, uygulama ve değerlendirme süreçlerinde teknolojiden yararlanır" (MEB, 2017b, s. 183) olarak belirtilmiştir. Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nda yer alan ifadeler ve Sosyal Bilgiler Öğretmeni Özel Alan Yeterlikleri'nde yer alan performans göstergelerinden de anlaşılacağı üzere, sosyal bilgiler öğretmenlerinden çeşitli teknolojik araçları etkili bir şekilde kullanarak öğrenme sürecinde yararlanacakları öğretim materyallerini geliştirmeleri, öğrenme ortamlarını zenginleştirmeleri, süreç içinde çeşitli öğretim materyallerinden faydalanmaları, öğrencilerin de hem teknolojik araçlara hem de öğretim materyallerine erişimlerini sağlayarak onların da bu araç ve materyalleri kullanmalarına yardımcı olmaları beklenmektedir.

Teknoloji, yapılandırmacılık anlayışı çerçevesinde hazırlanan Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi açısından önemli bir yere sahiptir (Ünlü, 2021). Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nda yapılandırmacılık yaklaşımı kapsamında yer alan içeriklerin yanı sıra, dersin niteliği de öğrenme sürecinde teknolojik araçların kullanımını gerektirmektedir (Mutlu, Bayram ve Taçyıldız, 2020). Çünkü sosyal bilgiler, çoğunlukla soyut konulardan oluşan bir derstir (Ünal ve Er, 2017) ve bu ders dördüncü, beşinci, altıncı ve yedinci sınıf düzeylerinde okutulmaktadır. Bu sınıf düzeylerinde öğrenim gören öğrenciler yapılandırmacılık kuramının önemli temsilcilerinden Piaget'e göre, somut işlemler döneminin bitişi, soyut işlemler döneminin ise başlangıç aşamasında bulunmaktadırlar. Dolayısıyla bu öğrencilerin anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmelerini sağlamak için konuların somutlaştırılması gerekmektedir (Altınışik ve Orhan, 2002). Ayrıca çoğu zaman ders kitaplarına bağlı konu anlatımları nedeniyle öğrenciler, kitapta yer alan bilgilerin ezberlenmesi gerektiğini düşünerek onları ezberlemeye çalışmakta ve sonuç olarak süreç içinde sıkılmaktadırlar

(Çoban, Temir ve Karaca, 2017). Tüm bu nedenlerden dolayı sosyal bilgiler dersi, teknolojik araçların kullanılması gereken derslerin başında gelmektedir. Sosyal bilgiler öğretimi sırasında teknolojik araçlardan yararlanmak, öğrenciler için anlaşılması zor olan soyut konuları anlaşılır kılmakla birlikte öğrenme sürecini sıkıcı olmaktan kurtarmaktadır (Dere ve Ateş, 2020). Sosyal bilgiler öğretiminde teknolojik araçların kullanımı hem öğretmenler hem de öğrenciler açısından büyük bir öneme sahiptir (Aküzüm, 2017). Dolayısıyla öğretmenler, öğrenme sürecinde teknolojik araçları etkili bir şekilde kullanmalı ve öğrencilere rehberlik ederek onların da bu araçları kullanmalarına yardımcı olmalıdır. Yakın geçmişe kadar sosyal bilgiler dersinde ders kitabı, yazı tahtası, pano, poster, harita, tarih şeridi, maket, model, gerçek eşya, resim, fotoğraf, video, radyo, televizyon, tepegöz ve projektör genellikle tercih edilen öğretim araçlarıydı. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde sosyal bilgiler dersinde bilgisayar, internet, tablet, akıllı tahta ve elektronik kitap gibi yüksek donanımlı teknolojik araçlar kullanılmaktadır (Avcı ve Asma, 2017; Örtten, Keskin ve Ekici, 2017). Teknolojide yaşanan gelişmeler neticesinde, öğrenme ortamlarında kullanılabilecek yeni öğretim araçları ortaya çıkmaktadır (Güven, 2022). Üç boyutlu yazıcı, ortaya çıkan yeni öğretim araçlarından biridir. Eğitim alanında meydana gelen yenilikleri ele almak ve gelecekte eğitim alanını etkileyebilecek potansiyele sahip akımları belirlemek amacıyla her yıl Horizon Raporu yayınlanmaktadır. 2014 yılı Horizon Raporu'nda, öğrenme ortamlarında kullanılmaya başlanan yenilikler incelenmiştir. Bu raporda üç boyutlu yazıcı teknolojisine, ilerleyen yıllarda öğrenme ortamlarında kullanılabilecek yeniliklerden biri olarak yer verilmiştir (Johnson, vd., 2014).

Günümüzde üç boyutlu yazıcı teknolojisi, sahip olduğu özelliklerden dolayı çeşitli çalışma alanlarında birbirinden farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Greengard, 2013). Ortaya çıktığı günden bu yana göstermiş olduğu önemli gelişimler nedeniyle, üç boyutlu yazıcının daha fazla kullanım alanına ulaşacağı düşünülmektedir (Karaduman, 2017). Öyle ki, üç boyutlu yazıcının birkaç yıl içinde günlük yaşamda kullanılan teknolojiler arasında yerini alacağı ve günlük işlerin halledildiği araçlardan biri olacağı tahmin edilmektedir (Eisenberg, 2013). Üç boyutlu yazıcının üretim sırasında kullandığı ham maddelerin çeşitlenmesiyle birlikte kullanım alanları artmış, ortaya çıktığı ilk günden beri sürekli gelişim içinde olması ve farklı özelliklere sahip yeni modellerin üretilmesiyle birlikte fiyatlarında düşüş yaşanmıştır (Bernard ve Mendez, 2020). Son zamanlarda kişisel kullanıma uygun ev tipi masaüstü yazıcılar da geliştirilmiş (Turner,

vd., 2017) ve herkesin erişebileceği fiyatlardan piyasaya sunulmuştur (Rajkumari, Chandra ve Balaji, 2018). Böylelikle bireysel kullanıcılar tarafından da benimsenerek evlere kadar girmiş ve geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmıştır. Yaşanan bu gelişmelerle birlikte eğitim sektörünün ve eğitimcilerin dikkatini üzerine çekmeyi başaran üç boyutlu yazıcının (Kuzu Demir, vd., 2016) eğitim alanında kullanılabilirliği konuşulmaya başlanmıştır (Yıldırım, Yıldırım ve Çelik, 2018). Bu teknoloji; sahip olduğu özelliklerden, kullanıcılar için sağladığı faydalardan ve düşük fiyat fırsatından dolayı, eğitimciler tarafından yeni bir öğretim aracı olarak kabul edilmiştir (Cochran, vd., 2016). Dolayısıyla eğitim de üç boyutlu yazıcının kullanıldığı alanlara dâhil olmuştur (Eisenberg, 2013). Bu teknoloji günümüzde; matematik, geometri (Ng ve Ye, 2022), fen (Byun, Jo ve Cho, 2015), biyoloji (Hansen, vd., 2020), kimya (Jones ve Spencer, 2018), tıp (O'Brien, vd., 2016), robotik (Armesto, Fuentes-Durâ ve Perry, 2016), mühendislik (Martin, Bowden ve Merrill, 2014), mimarlık (Boumaraf ve İnçeoğlu, 2020), teknoloji (Chien, 2017), tasarım (Greenhalgh, 2016), sanat (Menano, vd., 2019), tarih (Maloy, vd., 2017), coğrafya (Hofierka, vd., 2022) ve jeoloji (Horowitz ve Schultz, 2014) gibi eğitim alanlarında öğretim aracı olarak kullanılmaktadır.

Üç boyutlu yazıcının kullanılabileceği bir başka eğitim alanı sosyal bilgilerdir. Sosyal bilgiler dersinin içeriğinde yer alan soyut kavramların fazlalığı, bu dersin ilkökul ve ortaokul düzeyinde öğrenim gören öğrencilerle başarılı bir şekilde yürütülmesini zorlaştırmaktadır (Soylu ve Memişoğlu, 2019). Bu nedenle sosyal bilgiler dersi, öğrenciler tarafından çoğu zaman sıkıcı bir ezber dersi olarak tanımlanmaktadır (Çoban, Temir ve Karaca, 2017; Gönenç ve Açıkalin, 2017). Öğrencilerin bu tutumlarını tersine çevirebilmek adına, soyut kavramların somutlaştırılarak öğrenme sürecinin kolaylaştırılması ve öğrenciler tarafından anlamlı öğrenmelerin gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır (Tan, 2019). Tüm bunlar için sosyal bilgiler öğretiminde çeşitli öğretim materyallerinin kullanılması gerekmektedir. Bu sayede sosyal bilgiler dersi öğrenciler açısından zevkli ve ilgi çekici bir ders hâline getirilebilir (Nalçacı ve Ercoşkun, 2005). Hâlihazırda uygulanmakta olan Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nda, öğretim materyali kullanımını gerektiren birçok kazanım yer almaktadır (MEB, 2018a). Edgar Dale'nin yaşantı konisi göz önüne alındığında, öğrenme ortamlarında kullanılabilecek en iyi öğretim materyali gerçek eşyalardır. Ancak bazı nedenlerden dolayı gerçek eşyaların öğrenme ortamına getirilmesi mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda gerçek eşyaları temsil edecek modeller kullanılmalıdır. Edgar Dale'nin yaşantı konisine göre modeller,

tüm duyu organlarını harekete geçirerek öğrencilerin kendi kendine öğrenmesine yardımcı olan öğretim materyalleridir (Tekmen, 2020). Bazı zamanlarda öğrenme sürecinde kullanılmak istenen modeller hâlihazırda bulunmayabilir. Bu durumda, öğretmenlerin kullanmayı düşündükleri modelleri kendi başlarına hazırlaması gerekmektedir. Ancak bu modellerin geleneksel yöntemlerle oluşturulması oldukça zaman alıcıdır (Tarakçıoğlu, 2012). Üç boyutlu yazıcı, öğrenme sürecinde kullanılması planlanan modelleri kısa süre içinde istenen özelliklerde yazdırabilir (Karaduman, 2017). Bu nedenle, sosyal bilgiler dersinde kullanılabilecek önemli teknolojik araçlardan biri üç boyutlu yazıcıdır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, çeşitli amaçlarla sosyal bilgiler dersinde kullanılabilir. Kavram öğretimi, Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nın uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken hususlardan biridir. Öğretmenlerden kavram öğretimini doğru bir şekilde gerçekleştirmeleri ve oluşabilecek yanlış anlaşılmanın önüne geçmeleri beklenmektedir. Bunun için de kavram öğretiminde farklı yaklaşımların kullanılması tavsiye edilmektedir (MEB, 2018a). Sosyal bilgiler dersinde yer alan ve çoğu soyut olan kavramların öğrencilere doğru şekilde aktarılmasının en güzel yollarından biri, kavramların somutlaştırılmasıdır. Üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla öğretilmesi hedeflenen kavramları somut hâle getirecek öğretim materyalleri üretilerek, kavram öğretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir (Jaksic, 2015). Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nda, okul dışında öğretim amaçlı gezilerin yapılmasına önem verilmektedir (MEB, 2018a). Gerekli olduğu zamanlarda konuyla ilgili yapılara geziler düzenlenmelidir. Ancak okul yönetiminden izin alınamaması ya da gezi yapılması planlanan yapının oldukça uzak bir konumda yer alması gibi sebeplerden ötürü, her zaman eğitsel geziler gerçekleşmeyebilir. Bu gibi durumlarda, üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla ziyaret edilmesi imkânsız olan yapıları temsil edecek modeller üretilir. Bu sayede ziyaret edilemeyen yapılar öğrenme ortamına taşınmış olur (Wonjin, vd., 2016). Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nda yer alan bazı kazanımların öğrencilere aktarılmasında sanat ürünlerinin kullanılması istenmektedir (MEB, 2018a). Ne yazık ki bazı nesneler öğrenme ortamında incelenebilecek özelliklere sahip değildir. Üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla öğrenme ortamına getirilmesi imkânsız olan nesneleri temsil edecek modeller üretilerek, öğrencilerin bu nesneleri incelemesi sağlanır (Jaksic, 2015). Öğrencilerin Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı'nda yer alan amaç, beceri, değer ve kazanımlara başarılı bir şekilde ulaşabilmeleri için, derse aktif olarak katılmaları

gerekmektedir (Ünlü, 2021). Bu görüşe paralel olarak 2023 MEB Eğitim Vizyonu raporunda da, öğrencilerin güncel teknolojileri kullanarak üreten, problem çözen ve hayallerini gerçekleştiren bireyler olmaları amaçlanmıştır (MEB, 2018b). Böylelikle öğrencilerin bilgiyi doğrudan alan pasif dinleyici rolünden, bilgiyi kendi deneyimleri aracılığıyla üreten aktif katılımcı rolüne geçmeleri planlanmıştır. Üç boyutlu yazıcı, öğrenciler tarafından da kullanılabilen ve bu sayede onların öğrenme sürecine aktif olarak katılmalarını destekleyen bir teknolojidir. Örneğin öğrenciler üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla öğrenme sürecinde yer alabilecek öğretim materyallerinin tasarlanması aşamasında aktif rol üstlenebilirler. Ayrıca bu katılımcı pozisyon sayesinde dijital okuryazarlık, yenilikçi düşünme ve karar verme becerilerini de rahat bir şekilde kazanabilirler. Tasarımların yazdırılması aşamasında da görev almalarıyla birlikte üretici konumuna erişerek, girişimcilik ve çalışkanlık becerilerini geliştirebilirler. Bu sayede yaparak yaşayarak öğrenirler. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, öğrenci-öğrenci ve öğrenci-öğretmen arasındaki bağı kuvvetlendirerek hem iş birliği ve iletişim becerilerini hem de yardımseverlik ve dayanışma değerlerini güçlendirir (Akbaba, 2021). Bu teknoloji vasıtasıyla sosyal bilgiler dersinin içeriğinde yer alan geçmiş ve günümüze dair konularla ilgili tasarımlar yapılarak, öğrencilere değişim ve sürekliliği algılama ile zaman ve kronolojiyi algılama becerileri kazandırılabilir. Öğrencilerin karşılaştıkları problemlere çözüm üretmeleri desteklenerek araştırma, eleştirel düşünme ve problem çözme becerileri ile sorumluluk değerini geliştirmeleri sağlanabilir (Fontichiaro, 2016; Karaduman, 2017; Maloy, vd., 2017). Üç boyutlu yazıcı aynı zamanda, sosyal bilgiler dersinin içeriğinde yer alan geçmiş konuları günümüze getirerek öğrencilerin ilgilerini çeker. Eğlenerek öğrenmelerini sağlar (Eisenberg, 2013). Sosyal bilgiler dersine yönelik motivasyonlarını arttırır (Akbaba, 2021). Ders kitaplarında yer alan görselleri üç boyutlu nesnelere çevirerek (Bernard ve Mendez, 2020), öğrencilerin konu hakkında derinlemesine bilgi sahibi olmasını sağlar (Halili, 2019). Soyut konuları somutlaştırarak kavramların unutulmasını önler (Jaksic, 2015). Dokunsal ve görsel geri bildirim sağlayacak modeller üreterek, anlamlı ve kalıcı öğrenmelerin gerçekleşmesine olanak tanır (Kuzu Demir, vd., 2016). Deneyimsel öğrenme fırsatı yaratarak (Olla, 2015), öğrencilerin kavramları detaylı şekilde incelemelerini sağlar (Horowitz ve Schultz, 2014). Karmaşık kavram ve konuların öğretimini kolaylaştırarak, dersleri daha anlaşılır hâle getirir (Smith ve Mader, 2017). Görüldüğü üzere üç boyutlu yazıcı, eğitim alanında sosyal bilgiler dâhil birçok derste kullanılmakta ve hem öğrencilere hem de öğretmenlere çeşitli faydalar sağlamaktadır. Bu önemli faydalarına rağmen, üç boyutlu yazıcının eğitimde kullanımı diğer alanlara

nazaran kısıtlıdır. Çünkü bu teknoloji, eğitim alanında kullanılabilecek araçlar arasına kısa bir süre önce dâhil olmuştur. Ancak üç boyutlu yazıcı teknolojisinde yaşanacak gelişmelerle birlikte, ilerleyen günlerde bu teknolojinin kullanıldığı eğitim alanlarının artacağı ve sosyal bilgiler öğretiminin de vazgeçilmez bir parçası hâline geleceği düşünülmektedir.





ÜÇÜNCÜ BÖLÜM YÖNTEM

Bu bölümde; araştırmanın modeli, evren ve örneklem, veri toplama araç ve teknikleri, verilerin toplanması ve verilerin analizi yer almaktadır.

3.1. ARAŞTIRMANIN MODELİ

Üç boyutlu yazıcıdan elde edilen öğretim materyallerinin sosyal bilgiler dersinde kullanılmasının, beşinci sınıf düzeyindeki öğrencilerin derse yönelik motivasyon, tutum ve başarıları üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada nicel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacının objektiflik ilkesi ışığında tarafsız olarak olguların gidişatına etki etmeden yöntemi olduğu gibi uygulaması (Sönmez ve Alacapınar, 2019), durumun neden kaynaklandığını, diğer değişkenlerin ne kadar etkisi altında kaldığını tespit ederek nedensellik ilişkisinin ortaya konulması ve kuramlarda belirtilen genellemelerin doğruluğunun sınanması veya yeni genellemeler üretilmesi (Hoepfl, 1997) gibi temel gerekçelerle, çalışmada nicel araştırma yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Nicel araştırma yöntemlerinde, araştırma sürecinin nasıl planlandığını açıklamak için farklı desenler kullanılmaktadır. Bu desenlerin hepsi çalışmada uygulanacak nicel araştırma yaklaşımlarına yönelik veri toplama, analiz ve yorumlama süreçlerine ilişkin belirli işlem adımları önermektedir. Bu çalışmada, yarı deneysel desenlerden bir tanesi olan ön-test son-test eşleştirilmiş kontrol gruplu desen kullanılmıştır (Sönmez ve Alacapınar, 2019). Buradaki amaç, araştırma sonucunun neden ortaya çıktığını ve değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisini belirlemektir. Bu nedenle deneysel desen söz konusu çalışmada kullanılabilecek en uygun desendir. Çünkü deneysel desenlerin temel amacı, uygulama sırasında kullanılacak olan bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde ne derece etkili olduğunu gözlemleyerek, aralarında oluşacak olan neden-sonuç ilişkisini ortaya koymaktır (Ekiz, 2020). Deneysel desenler sayesinde, uygulama sonrasında meydana gelen değişikliklerin nedenleri tahmin edilebilir. Nedenlerin değiştiği zaman sonuçların da değişebileceğini gösterir. Araştırmacının uygulama hakkında kesin sonuçlara ulaşmasına yardımcı olur (Fraenkel, Wallen ve Hyun, 2018). Bu çalışmada, araştırma grupları doğal olarak var olduğu ve bu yüzden yansız atama mümkün olmadığı için ön-test son-test eşleştirilmiş kontrol gruplu desen kullanılmıştır. Çünkü bu desen, yansız atamanın mümkün olmadığı hazır gruplar üzerinde yürütülecek araştırmalar için güzel bir alternatiftir (Büyüköztürk, vd., 2020).

Bu desenin ilk aşamasında, uygulamaya başlanmadan önce gruplara aynı anda ön-testler verilir. Ön-testlerden elde edilen sonuçlara göre, özellikleri birbirine en çok

benzeyen iki grup deney ve kontrol grubu olarak atanır. Ön-testler sayesinde deney ve kontrol grubunun seviyeleri belirlenmiş olur. Daha sonra uygulamaya geçilerek deney grubuna planlanan deney uygulanırken, kontrol grubunda herhangi bir deneysel işlem yapılmaz. İkinci aşamada, uygulama tamamlandıktan sonra deney ve kontrol grubuna aynı anda son-testler verilir. İki grubun ön-test ve son-test puanları arasındaki farklar bulunur. Bulunan farkların ortalaması arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı hesaplanır. Elde edilen veriler ışığında, uygulamanın ne kadar başarılı olduğu ve grupların ne derece değişim sağladığı gözler önüne serilmiş olur (Sönmez ve Alacapınar, 2019). Araştırmanın deneysel modeli Tablo 3.1’deki gibidir.

Tablo 3.1: Ön-Test Son-Test Eşleştirilmiş Kontrol Gruplu Desen

Grup	Ön-test	İşlem	Son-test
Deney	T1	X	T1
Kontrol	T1		T1

3.2. EVREN VE ÖRNEKLEM

Üç boyutlu yazıcıdan elde edilen öğretim materyallerinin sosyal bilgiler dersinde kullanılmasının, beşinci sınıf düzeyindeki öğrencilerin derse yönelik motivasyon, tutum ve başarıları üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılmış olan bu araştırmanın verileri, 2022-2023 eğitim-öğretim yılının birinci döneminde Kütahya ili Merkez ilçesinde bulunan bir ortaokulun beşinci sınıf düzeyindeki iki farklı şubesinde öğrenim gören öğrencilerinden toplanmıştır. Dolayısıyla araştırmanın evrenini, 2022-2023 eğitim-öğretim yılının birinci döneminde Kütahya ili Merkez ilçesinde öğrenim gören tüm beşinci sınıf öğrencileri oluşturmuştur. Araştırma süresince evrene ulaşmak mümkün olmadığı için örnekleme yoluna gidilmiştir. Evreni temsil edecek örneklemin belirlenmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiş olan birtakım yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler, tesadüfi ve tesadüfi olmayan örnekleme yöntemleri şeklinde iki gruba ayrılmaktadır (Karaca, 2021). Tesadüfi örnekleme yöntemleri, çoğu zaman sosyal bilim araştırmalarında kullanılamaz. Evreni oluşturan birden fazla örneklemin özellikleri benzer olduğu zaman, tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinin kullanılmasında bir sakınca yoktur (Gürbüz ve Şahin, 2018). Dolayısıyla bu araştırmada tesadüfi olmayan örnekleme yöntemleri arasında yer alan amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Amaçlı örnekleme yönteminde, örnekleme oluşturacak olan kişileri araştırmacı belirler (Tutar ve Erdem, 2020). Seçilen evren, araştırma sorularına yanıt verebilecek birçok örneklemden oluşur (Şahin, 2014). Araştırmacı bazı kriterleri göz önüne alarak bu örneklem

arasından birini seçer. Bu kriterlerin en önemlisi, seçilen örneklemin diğer örneklem gruplarını en iyi temsil edebilecek durumda olması ve araştırmanın amacına ulaşmasını sağlayacak en uygun grup olmasıdır (Gezer, 2021). Dolayısıyla örneklem, evrenden rastgele seçilen kişilerden değil, belli kriterleri karşılayan kişilerden oluşur. Araştırmacı kasıtlı ve yanlı seçim gerçekleştirdiği için, örneklemden ulaşılan sonuç evrene genellenemez. Ama araştırmanın ihtiyaçlarını karşılar. Evreni temsil etme amacı yoktur. Amaç, inceleme altına alınan konu hakkında derin bilgiye ulaşmaktır (Cohen, Manion ve Morrison, 2021). Amaçlı örnekleme de kendi içinde alt gruplara ayrılmaktadır (Ekiz, 2020). Araştırmada, bu alt gruplardan biri olan tipik durum örnekleme kullanılmıştır. Tipik durum örnekleme, evreni oluşturan ve birbirleriyle benzer özelliklere sahip olan çok sayıda örneklem arasından diğerlerini en iyi şekilde temsil edebilecek bir örneklemin seçilmesi ve seçilen bu örneklemde verilerin toplanması sürecidir (Büyüköztürk, vd., 2020). Dolayısıyla seçilen örneklem evrenle aynı özelliklere sahiptir ve evreni temsil eder. Bu tekniğe göre, bir örnekleme meydana gelen olay benzer özelliklere sahip başka örneklemde de gerçekleşebilir. Örneğin; bir sınıfta yapılan uygulamada elde edilen sonuçların, aynı özelliklere sahip başka bir sınıf için de geçerli olabileceği anlamına gelmektedir (Tutar ve Erdem, 2020). Bu yüzden bu teknik örneklendirme amacıyla kullanılır (Şahin ve Karakuş, 2019). Yapılmış olan bu araştırmada da, evrenin benzer özellikleri olan birçok örnekleme sahip olması ve bu benzerliklerden dolayı araştırmanın yapıldığı örnekleme ulaşılan sonuca diğer örneklemde de ulaşılacağından tipik durum yöntemi kullanılmıştır.

Araştırmanın, Kütahya ili Merkez ilçesinde ortaokul düzeyindeki otuz dokuz okuldan bir tanesi olan Ahteri İmam Hatip Ortaokulu'nda gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Araştırmada yer alacak okul ve katılımcılar belirlendikten sonra, araştırmayı yürütebilmek için ilgili kişi ve kurumlardan birtakım izinlerin alınması gerekmektedir (Creswell, 2012). Dolayısıyla bu araştırmaya başlanmadan önce, üniversitenin kurumsal etik kurulundan gerekli izin alınmıştır (EK-1). Araştırmanın gerçekleştirilmesi planlanan okul yönetimiyle iletişime geçilmiş ve araştırma hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra Kütahya İl Millî Eğitim Müdürlüğü ve Kütahya Valiliği'nden uygulama izni alınmıştır (EK-2). Son olarak araştırmaya katılacak olan öğrenciler reşit olmadıkları için, öğrencilerin velilerinden de yazılı izin alınmıştır (EK-3). Ahteri İmam Hatip Ortaokulu, diğer örneklemle benzer özelliklerdedir ve bu yüzden il merkezinde yer alan otuz dokuz adet okulun oluşturduğu evreni temsil edebilecek potansiyele sahiptir. Söz konusu

okulun başarısı, sosyo-ekonomik düzeyi, araç-gereç olanağı, öğrenci ve öğretmen oranları vb. özellikleri kent ortalamasıdır. Dolayısıyla bu araştırmanın örneklemini, 2022-2023 eğitim-öğretim yılının birinci döneminde Kütahya ili Merkez ilçesinde bulunan Ahteri İmam Hatip Ortaokulu'nun beşinci sınıf düzeyinde öğrenim gören iki farklı şubesi oluşturmuştur. Şubeler, başarı düzeyleri birbirine en yakın iki şube olacak şekilde rastgele deney ve kontrol grubu olarak atanmıştır. Deney yapılması planlanan araştırmalarda yer alacak her grup en az on beş ile otuz arasında katılımcıya sahip olmalıdır (Creswell, 2012; Tutar ve Erdem, 2020). Ahteri İmam Hatip Ortaokulu'nda dört yüz elli iki öğrenci yer almaktadır. Bu öğrencilerin yüz yirmi yedi tanesi, toplam beş şubeye ayrılmış olan beşinci sınıf düzeyinde öğrenim görmektedir. Araştırmanın örneklemini, deney ve kontrol gruplarına ayrılmış toplam elli iki öğrenci oluşturmuştur. Bu elli iki öğrencinin yirmi altı tanesi deney grubunda, yirmi altı tanesi ise kontrol grubunda yer almıştır. Örneklemi oluşturan öğrencilerin tümü erkektir. Örneklem, evreni temsil etme açısından yeterli ve asgari düzeydedir. Ayrıca ekonomiklik, ulaşılabilirlik ve uygulanabilirlik açısından da uygundur.

3.3. VERİ TOPLAMA ARAÇ VE TEKNİKLERİ

Araştırmacılar, ölçmek ya da gözlemlemek istedikleri değişkenleri elde edebilmek amacıyla araştırma süreci içinde birtakım araçlar kullanmak zorundadırlar. Verilerin toplanmasında kullanılacak olan araçlar üç şekilde belirlenir. Araştırmacı kendi aracını geliştirir, hazır bir aracı ihtiyacı doğrultusunda değiştirerek kullanır ya da hazır olarak aldığı aracı doğrudan kullanır (Creswell, 2012). Bu araştırmada nicel veri toplama araçları olarak, hem uygulama öncesinde hem de uygulama sonrasında öğrencilerin motivasyon, tutum ve başarılarını ölçmeye yönelik motivasyon ve tutum ölçeğiyle başarı testi uygulanmıştır. Ayrıca araştırmacı tarafından üretilen yirmi beş adet öğretim materyali, dört haftalık uygulama sırasında yalnızca deney grubunda kullanılmıştır. Hazır olarak kullanılmış olan motivasyon ve tutum ölçeği, günümüze yakın sayılabilecek tarihlerde geliştirilmiştir. Bu nedenle söz konusu ölçeklerin günümüz şartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda iki ölçekte, uygulamanın yapıldığı derse ve sınıf düzeyine uygundur. Ölçeklerin içinde yer alan maddeler araştırmacı ve tez danışmanı tarafından incelenmiş, uygulamanın amaçlarına ve cevap vermesi beklenen sorulara uygun olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla bu ölçeklerin kullanılması sonucunda etkili ve

tutarlı sonuçların elde edileceği düşünülmüştür. Başarı testi ise araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. İlgili veri toplama araçlarına ilişkin bilgiler aşağıdaki gibidir.

3.3.1. 4. ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği

Araştırmaya katılan öğrencilerin uygulama öncesi ve uygulama sonrasında sosyal bilgiler dersine yönelik motivasyon düzeylerini belirlemek ve iki motivasyon düzeyi arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ortaya çıkarmak için, 2015 yılında Tahiroğlu ve Aktepe tarafından geliştirilen "4. Ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği" kullanılmıştır (EK-4). Söz konusu ölçek, 5'li Likert tipi katılma derecesine sahiptir. Dereceleme, "Benim Düşüncelerimle: Hiç uyuşmuyor (Bir puan), Biraz uyuşuyor (İki puan), Orta derecede uyuşuyor (Üç puan), Uyuşuyor (Dört puan), Tam uyuşuyor (Beş puan)" olarak belirlenmiştir. Ölçeğin geliştirilmesi için ilk olarak altmış üç maddeden oluşan bir aday ölçek hazırlanmıştır. Daha sonra Nevşehir ve Adana illeri Merkez ilçelerinde ilkokul dördüncü ve ortaokul beşinci sınıf öğrencisi olan toplam üç yüz doksan dört kişiyle test edilmiştir. Ölçeğin madde ayırt edicilik indeksini belirlemek amacıyla, toplanan verilere bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Katılma derecesi en yüksek %27 ve en düşük %27 olan öğrenci grubunun verileri analiz edilmiştir. İki yönlü anlamlılık değerleri doğrultusunda $p > ,05$ 'ten büyük değere sahip olan üç madde ölçekten atılmıştır. Ölçeğin toplanabilirlik özelliğinin korunması amacıyla, korelasyon katsayısı ,25'ten küçük olan yirmi yedi madde daha ölçekten çıkarılmıştır. Geriye kalan otuz üç maddenin yapı geçerliliğini sınamak ve aynı özelliği ölçen değişkenleri bir yerde toplamak için faktör analizi yapılmıştır. Ölçeğin güvenirliğini ölçmek için ise Cronbach Alpha iç tutarlılık katsayısı hesaplanmıştır. Faktör analizi sonucuna göre, ölçek beş faktör (başarılı olmaya yönelik motivasyon, hedeflere yönelik motivasyon, ilgi, istek ve ihtiyaçlara yönelik motivasyon, motivasyonsuzluk, takdir edilmeye yönelik motivasyon) ve yirmi dokuz maddeden oluşmaktadır. Ölçeği oluşturan beş faktör, toplam varyansın %44,027'sini açıklamaktadır. Ölçeğin iç tutarlılık katsayısı (Cronbach Alpha) ise 0,83 bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre ölçeğin oldukça geçerli ve güvenilir olduğu söylenebilir. EK-5'te gösterildiği üzere ölçeğin uygulanması konusunda gerekli izin, ölçeği geliştiren kişilerden alınmıştır.

3.3.2. Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği

Araştırmaya katılan öğrencilerin uygulama öncesi ve uygulama sonrasında sosyal bilgiler dersine yönelik tutum düzeylerini belirlemek ve iki tutum düzeyi arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ortaya çıkarmak için, 2019 yılında Çetinkaya ve Hatay Uçar tarafından geliştirilen "Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği" kullanılmıştır (EK-6). Söz konusu ölçek, 5'li Likert tipi katılma derecesine sahiptir. Dereceleme, "Kesinlikle katılmıyorum (Bir puan), Katılmıyorum (İki puan), Kararsızım (Üç puan), Katılıyorum (Dört puan), Tamamen katılıyorum (Beş puan)" olarak belirlenmiştir. Ölçeğin geliştirilmesi için ilk olarak kırk maddelik bir aday ölçek hazırlanmıştır. Daha sonra Hatay ili Merkez ilçesinde yer alan üç ortaokulda, beşinci, altıncı ve yedinci sınıf öğrencisi olan toplam bin yüz yirmi yedi kişiyle test edilmiştir. Aynı niteliği ölçen maddelerin ölçekten atılması için madde toplam puan korelasyonu hesaplanmış ve bir madde ölçekten çıkarılmıştır. Geriye kalan otuz dokuz maddenin yapı geçerliliğini test etmek amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Faktör yük değeri .30'dan küçük olan ve birden fazla faktörde 0.10'dan daha düşük bir farkla bulunan on madde daha ölçekten çıkarılmıştır. Faktör analizi sonucuna göre, ölçek dört faktör (ilgi, bilgiyi kullanma, dersin içeriği, isteksizlik) ve yirmi dokuz maddeden oluşmaktadır. Ölçeği oluşturan dört faktör, toplam varyansın %45,56'sını açıklamaktadır. Ölçeğin güvenilirliğini ölçmek için ise Cronbach Alpha iç tutarlılık katsayısı hesaplanmış ve 0,928 bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre ölçeğin oldukça geçerli ve güvenilir olduğu söylenebilir. EK-7'de gösterildiği üzere ölçeğin uygulanması konusunda gerekli izin, ölçeği geliştiren kişilerden alınmıştır.

3.3.3. İlkçağ Uygarlıkları Konusu Başarı Testi

Araştırmaya katılan öğrencilerin uygulama öncesi ve uygulama sonrasında sosyal bilgiler dersine yönelik sahip oldukları başarı düzeylerini belirlemek ve iki başarı düzeyi arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ortaya çıkarmak için, araştırmacı tarafından geliştirilen "İlkçağ Uygarlıkları Konusu Başarı Testi" kullanılmıştır (EK-8). Söz konusu başarı testi geliştirilirken izlenen adımlar şu şekildedir.

3.3.3.1. Konunun Belirlenmesi

Başarı testi geliştirilmeden önce, literatür taraması yapılarak uygulamanın gerçekleştirileceği konu belirlenmeye çalışılmıştır. Bireyi hayata hazırlayan önemli bir

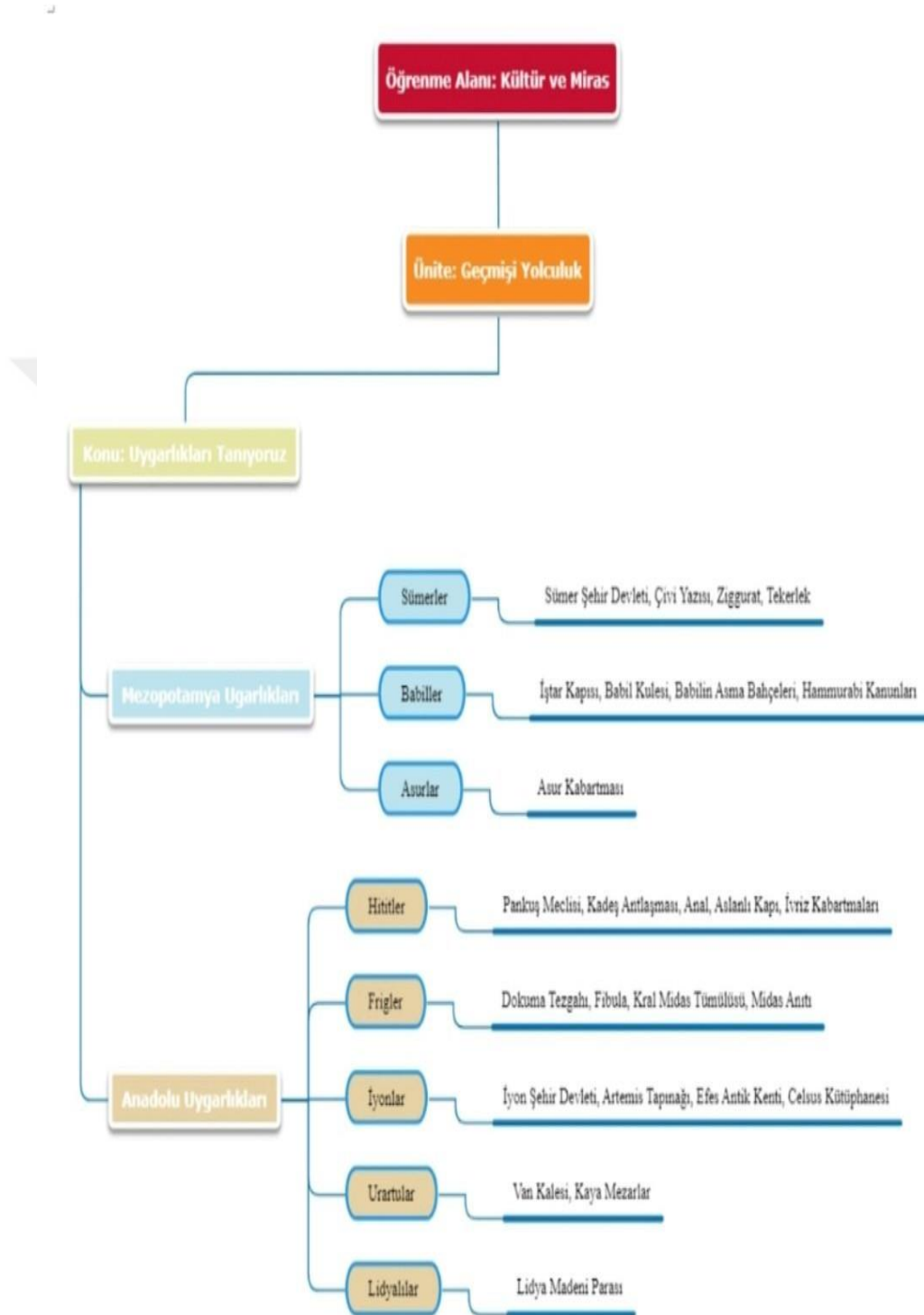
ders olan sosyal bilgiler, içeriğinde yer alan soyut konular nedeniyle çoğunlukla öğrenciler tarafından sıkıcı bir ezber dersi olarak algılanmaktadır (Demir ve Akengin, 2014). Ülkemizde sosyal bilgiler dersi dördüncü, beşinci, altıncı ve yedinci sınıf düzeylerinde öğrenim gören 10-13 yaş aralığındaki öğrencilere hitap etmektedir. Piaget'e göre bu yaş grubunda yer alan özellikle beşinci sınıf düzeyindeki öğrenciler, somut işlemler döneminin bitiş, soyut işlemler döneminin başlangıç aşamasında bulunmaktadır. Dolayısıyla bu yaş grubundaki öğrenciler soyut konuları öğrenirken büyük ölçüde problem yaşamaktadırlar. Bu konuları zihninde somutlaştıramadığı için son çare olarak ezber yoluyla öğrenmeye çalışan öğrencilerin başarılarının düşeceği ve derse karşı olan motivasyon ve tutumlarının olumsuz yönde etkileneceği düşünülmektedir. Bu sebeple özellikle somut olmayan konuların öğretiminde öğrencilerin zihinsel gelişimlerini destekleyecek adımlar atılmalıdır (Altınışık ve Orhan, 2002). Yapılan literatür taraması sonucunda, beşinci sınıf düzeyinde öğrenim gören öğrencilerin anlamakta zorlandıkları konulardan birinin İlkçağ Uygarlıkları konusu olduğu tespit edilmiştir (Memişoğlu ve Tarhan, 2016; Seçgin ve Doğan, 2019). Kültür ve Miras öğrenme alanı altında bulunan İlkçağ Uygarlıkları konusu, ders kitabında başlıklar hâlinde kısa paragraflarla açıklamalı olarak verilmiş ve yer yer görsellerden yararlanılmıştır. Genel olarak dersin soyut ve metne bağlı olarak sunulmasının, öğrencilerin konuyu ezbere dayalı olarak öğrenmesine neden olacağı düşünülmektedir. Üç boyutlu yazıcı kullanılarak bu konuya ait öğretim materyalleri oluşturulmadan önce konu analiz edilmeye çalışılmıştır.

3.3.3.2. Konunun Analiz Edilmesi

Uygulamanın gerçekleştirileceği konu belirlendikten sonra analiz edilmeye çalışılmıştır. Konu analizi, Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018a) ve ders kitapları esas alınarak yapılmıştır. Öğretim programına göre İlkçağ Uygarlıkları konusu, beşinci sınıf düzeyindeki Kültür ve Miras öğrenme alanı altında bulunmaktadır. Anadolu ve Mezopotamya Uygarlıkları ile ilgili olan kazanım "Somut kalıntılardan yola çıkarak Anadolu ve Mezopotamya uygarlıklarının insanlık tarihine önemli katkılarını fark eder" (MEB, 2018a, s. 17) şeklinde ifade edilmiştir. Öğretim programından sonra, beşinci sınıf düzeyinde okutulan sosyal bilgiler ders kitapları incelenmiş ve bu konu altında bulunan kavramlar belirlenmeye çalışılmıştır. Harut (2020) tarafından hazırlanan sosyal bilgiler ders kitabına göre İlkçağ Uygarlıkları konusu, Geçmiş Yolculuk ünitesinin Uygarlıkları

Tanıyoruz başlığı altında yer almaktadır. Uygarlıkları Tanıyoruz başlığı içerisinde belirlenen alt konu ve kavramlar Şekil 3.1'deki gibidir.

Şekil 3.1: İlkçağ Uygarlıkları Konusuna Ait Özellik ve Eserler



İlkçağ Uygarlıkları konusu altında işlenen her uygarlığa ait özellik ve eserler Şekil 3.1'deki gibi listelenmiştir. Bu uygarlıklara ait özellik ve eserlerin dışında, Anadolu Uygarlıkları altında dünyanın bilinen en eski yerleşim yerlerinden biri olan Çatalhöyük'ten ve dünyanın bilinen en eski ibadet merkezlerinden biri olan Göbeklitepe'den bahsedilmiştir. Bu yüzden üç boyutlu yazıcı kullanılarak oluşturulacak öğretim materyallerine, Çatalhöyük ve Göbeklitepe de dâhil edilmiştir.

3.3.3.3. Madde Havuzunun Oluşturulması

Madde havuzu oluşturulurken Şekil 3.1'de yer verilen her uygarlık, her özellik ve her eserle ilgili en az bir soru sorulmasına dikkat edilmiştir. Sorular hazırlanırken 1998 ile 2021 yılları arasında Devlet Parasız Yatılılık ve Bursluluk Sınavı ile İlköğretim ve Ortaöğretim Kurumları Bursluluk Sınavı'nda sorulan sorular taranmış ve benzer nitelikte otuz dört soruluk bir pilot başarı testi oluşturulmuştur.

3.3.3.4. Uzman Görüşü Alınması

Hazırlanan otuz dört soruluk pilot başarı testi, bilimsel açıdan değerlendirilmesi için sosyal bilgiler eğitimi alanında uzman iki öğretim üyesine ve iki sosyal bilgiler öğretmenine gönderilmiştir. Başarı testinin kapsam geçerliliği, öğrenci seviyesine uygunluğu, kazanımlara uygunluğu ve konu bütünlüğü açısından öğretim üyeleri ve öğretmenler tarafından değerlendirilmesi istenmiş ve alınan geri bildirimler çerçevesinde belirtilen sorular üzerinde gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Son olarak bir Türkçe öğretmeni tarafından yazım ve dil bilgisi kuralları açısından değerlendirilmiş ve başarı testine nihai hâli verilmiştir.

3.3.3.5. Testin Uygulanması Ve Analizi

Hazırlanan başarı testi 2022-2023 eğitim-öğretim yılında Kütahya ili Merkez ilçesinde öğrenim gören yüz on yedi ortaokul beşinci sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar, hazırlanan cevap anahtarı doğrultusunda doğru cevap bir, yanlış cevap sıfır puan olacak şekilde Excel dosyasına geçirilmiştir. Madde gücü, madde ayırt ediciliği ve Kuder-Richardson 20 (KR-20) istatistikleri, hazırlanan Excel dosyası üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.5.1. Madde Güçlük İndeksi

Bir testteki maddelerin güçlüğünü gösteren bu indeks sifira yaklaştıkça soruların zorlaştığını, bire yaklaştıkça soruların kolaylaştığını ifade etmektedir. Basit yöntemle göre madde güçlüğü analizinin yapılabilmesi için öncelikle toplam puanlar alınır ve üstten alta doğru sıralanır. Yapılan sıralama sonucunda başarısı en yüksek %27 ve en düşük %27 öğrenci grubunun verileri kullanılarak analiz yapılır. %46'lık orta başarıya sahip öğrenci grubuna ait veriler kullanılmaz. Buradan hareketle madde güçlük indeksi formülü Görsel 3.1'deki gibidir (Hasançebi, Terzi ve Küçük, 2020).

Görsel 3.1: Madde Güçlük İndeksi Formülü

$$p_i = \frac{\text{Maddeyi üst grupta doğru cevaplayanların sayısı} + \text{Maddeyi alt grupta doğru cevaplayanların sayısı}}{\text{üst gruptaki öğrenci sayısı} + \text{Alt gruptaki öğrenci sayısı}}$$

Madde güçlük indeksi formülü kullanılarak elde edilen sonucu değerlendirmek için, Tablo 3.2'de yer alan değerler kullanılmaktadır (Adıgüzel ve Özudoğru, 2013; Büyüköztürk, 2019; Hasançebi, Terzi ve Küçük, 2020).

Tablo 3.2: Madde Güçlük İndeksi Değerleri

Madde güçlük indeksi	Maddenin değerlendirilmesi
0,86 ve 1,00	Çok kolay.
0,85 ve 0,61	Kolay.
0,60 ve 0,41	Orta güçlükte.
0,40 ve 0,16	Zor.
0,15 ve 0,00	Çok zor.

Madde güçlük indeksi sifira yaklaştıkça sorular zorlaşırken, bire yaklaştıkça sorular kolaylaşır. Bu değer, testin genelinde orta düzeyde yani 0,50 civarında olması istenmektedir (Hasançebi, Terzi ve Küçük, 2020).

3.3.3.5.2. Madde Ayırt Edicilik İndeksi

Madde ayırt edicilik indeksi, test sonucunda başarılı ve başarısız öğrencilerin ayırt edilebilmesi anlamına gelmektedir (Atılğan, 2019). Madde güçlük indeksinde olduğu gibi madde ayırt edicilik indeksinde de başarısı en yüksek %27 ve en düşük %27 öğrenci grubunun verileri kullanılarak analiz yapılmaktadır. Madde ayırt edicilik

indeksinde kullanılan formül Görsel 3.2'deki gibidir (Hasançebi, Terzi ve Küçük, 2020; Kilmen, 2017).

Görsel 3.2: Madde Ayırt Edicilik İndeksi Formülü

$$a_i = \frac{\text{üst grupta doğru} - \text{alt grupta doğru}}{\text{cevaplayan sayısı} - \text{cevaplayan sayısı}} \div \frac{\text{grupların herhangi birindeki}}{\text{öğrenci sayısı}}$$

Madde ayırt edicilik indeksi formülü kullanılarak elde edilen sonucu değerlendirmek için, Tablo 3.3'de yer alan değerler kullanılmaktadır (Büyüköztürk, 2019; Hasançebi, Terzi ve Küçük, 2020).

Tablo 3.3: Madde Ayırt Edicilik İndeksi Değerleri

Madde ayırt ediciliği	Maddenin değerlendirilmesi
0,40 ve daha büyük	Çok iyi madde.
0,30 ve 0,39	Oldukça iyi madde. Fakat yine de geliştirilebilir.
0,20 ve 0,29	Düzeltilmesi ve geliştirilmesi gerekir.
0,19 ve altı	Çok zayıf madde. Testten çıkarılmalıdır.

Madde ayırt edicilik indeksi, bilen ve bilmeyen öğrencilerin ayırt edilmesi açısından önemli görülmektedir. Madde ayırt edicilik indeksi 0,40 ve üzeri olduğunda madde çok iyidir ve doğrudan testte kullanılabilir. 0,30 ve 0,39 arasında ayırt edicilik indeksine sahip madde ise iyi olmasına rağmen yine de geliştirilebilir. 0,20 ve 0,29 arasında ayırt ediciliğe sahip maddeler kullanılacaksa düzeltilmeli ve geliştirilmelidir. 0,19 ve altı ayırt edicilik indeksine sahip maddeler ise kullanılmamalıdır.

3.3.3.5.3. Güvenirlik Analizi

Başarı testleri geliştirilirken, veri toplama aracının güvenirliliği çeşitli şekillerde hesaplanabilmektedir. Genellikle verilerin bir ve sıfır şeklinde puanlandığı testlerde tercih edilen güvenirlilik hesaplama yollarından biri KR-20 istatistik yöntemidir (Bolat ve Karamustafaoğlu, 2019). Geliştirilen bu başarı testinde de güvenirlilik belirleme yollarından KR-20 istatistiği kullanılmıştır. Testin güvenilir olduğunu söyleyebilmek için bu değer 0,70 ve üzerinde olması gerekmektedir (Büyüköztürk, 2019). Özdamar'a (2019) göre KR-20 güvenirlilik katsayısı ve ölçütleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: KR-20 Güvenirlik Katsayısı ve Ölçütleri

Güvenirlik katsayısı	Ölçütler
0,81 ve 1,00	Yüksek düzeyde güvenilir.
0,80 ve 0,61	Orta düzeyde güvenilir.
0,60 ve 0,41	Düşük düzeyde güvenilir.
0,40 ve 0,00	Güvenilir değil.

Başarı testi hakkında elde edilen sonucu değerlendirmek için, Tablo 3.4'te yer alan değerler dikkate alınmaktadır.

Nihai hâline karar verilen otuz dört madde ile ilgili madde güçlük ve ayırt edicilik indekslerinin yer aldığı madde analizi sonuçları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Madde Analizi Sonuçları

Sorular	Madde güçlük	Madde ayırt edicilik
M.1	0,96	0,21*
M.2	0,59	0,62
M.3	0,52	0,53
M.4	0,92	0,31*
M.5	0,61	0,35*
M.6	0,69	0,41
M.7	0,67	0,70
M.8	0,68	0,54
M.9	0,71	0,65
M.10	0,73	0,52
M.11	0,71	0,57
M.12	0,38	0,64
M.13	0,69	0,68
M.14	0,72	0,47
M.15	0,63	0,51
M.16	0,82	0,36*
M.17	0,39	0,67
M.18	0,67	0,69
M.19	0,63	0,43
M.20	0,67	0,49
M.21	0,80	0,33*
M.22	0,49	0,44
M.23	0,48	0,49
M.24	0,84	0,37*
M.25	0,63	0,42
M.26	0,51	0,50
M.27	0,65	0,56
M.28	0,48	0,41
M.29	0,57	0,63
M.30	0,73	0,35*
M.31	0,48	0,80
M.32	0,69	0,36*
M.33	0,45	0,46
M.34	0,48	0,33*

Başarı testi madde analizi sonuçları incelendiğinde, madde ayırt edicilik indeksi 0,40 ve altı olan dokuz madde olduğu (M.1, M.4, M.5, M.16, M.21, M.24, M.30, M.32, M.34) görülmektedir. Büyüköztürk'e (2019) göre madde ayırt edicilik indeksi 0,40 ve üzeri olan maddeler çok iyi maddedir ve geliştirme ya da düzeltme yapılmadan

kullanılabilirler. Söz konusu dokuz madde içeriği açısından da incelendiğinde, kapsam geçerliliğini daraltmadığı görülmüş ve başarı testine dâhil edilmemiştir.

Madde ayırt edicilik indekslerine göre dokuz soru testten çıkarılmış ve test yirmi beş maddeye düşürülmüştür. Test içinde kalan yirmi beş maddenin madde güçlük değerlerine bakıldığında çok zor ve çok kolay soru olmadığı görülmüş ve soruların aşağıda yer alan Tablo 3.6'daki gibi dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 3.6: Madde Güçlük Değerlerine Göre Nihai Testteki Maddelerin Dağılımı

Madde güçlük indeksi	Maddenin değerlendirilmesi	Madde numarası
0,86 ve 1,00	Çok kolay	-
0,85 ve 0,61	Kolay	M.6, M.7, M.8, M.9, M.10, M.11, M.13, M.14, M.15, M.18, M.19, M.20, M.25, M.27
0,60 ve 0,41	Orta güçlükte	M.2, M.3, M.22, M.23, M.26, M.28, M.29, M.31, M.33
0,40 ve 0,16	Zor	M.12, M.17
0,15 ve 0,00	Çok zor	-

Tablo 3.6'ya göre, hazırlanan testte çok zor ve çok kolay soru bulunmamaktadır. On dört soru kolay, dokuz soru orta güçlükte ve iki soruda zor olarak tespit edilmiştir. Nihai testte yer alan maddelerin zorlukları değişkenlik göstermektedir. Madde güçlük indeksinin orta düzeyde yani 0,50 civarında olması istenmektedir (Hasançebi, Terzi ve Küçük, 2020). Hazırlanan bu ölçekte, ortalama madde güçlük indeksi 0,59 olarak bulunmuştur. Adıgüzel ve Özüdoğru'ya (2013) göre bu değer orta güçlükte bir testi ifade etmektedir. Hazırlanan başarı testinin güvenilirliğini belirlemek amacıyla yapılan KR-20 istatistiğinin sonucu 0,86 olarak bulunmuştur. Buna göre ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğu söylenebilir.

Madde çıkarma işlemi sonrasında başarı testi istatistiklerine yönelik sonuçlar Tablo 3.7'de sunulmuştur.

Tablo 3.7: Başarı Testi Madde İstatistiklerine Yönelik Bulgular

Soru sayısı	25
KR-20 güvenirlik katsayısı	0,86
Ortalama madde güçlüğü	0,59
Ortalama madde ayırt ediciliği	0,55

Tablo 3.7'ye göre yirmi beş sorudan oluşan başarı testi ortalama güçlük seviyesinde, çok iyi ayırt ediciliğe sahiptir ve oldukça güvenilir düzeydedir. Yapılan bu analizlere göre başarı testinin geçerli ve güvenilir olduğu söylenebilir.

3.3.4. Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilen Öğretim Materyalleri

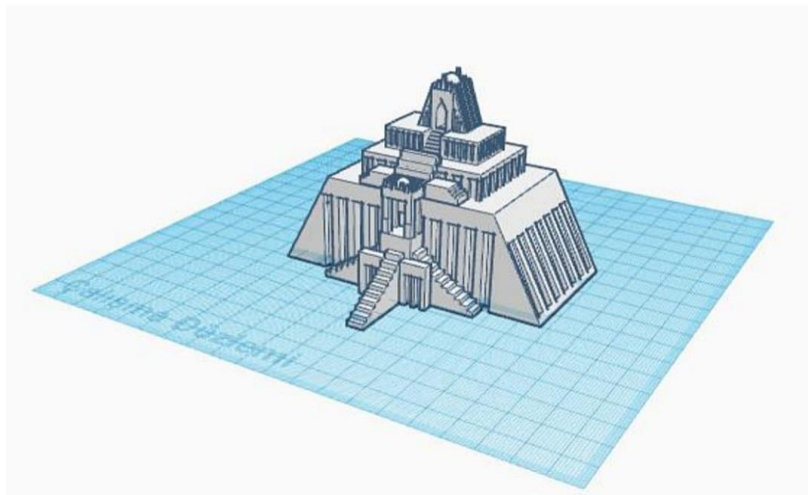
Araştırmaya katılmış olan deney grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve uygulama sonrasında derse yönelik motivasyon, tutum ve başarı düzeyleri arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı, üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla elde edilen öğretim materyalleri kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca bu materyaller, uygulama öncesi ve uygulama sonrasında deney ve kontrol gruplarının derse yönelik motivasyon, tutum ve başarı düzeyleri arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Dört haftalık süre içerisinde yalnızca deney grubunda kullanılmış olan bu öğretim materyalleri, araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Öğretim materyalleri geliştirilirken 5. Sınıf sosyal bilgiler ders kitabı esas alınmış ve öncelikle hedef konunun içeriğinde yer alan tüm soyut kavramlar belirlenerek konuyla ilgili öğretim materyalleri havuzu oluşturulmuştur. Hazırlanan madde havuzu içinden, öğrencilerin hangi soyut kavramların materyalleştirilmesine kesinlikle ihtiyaç duyacaklarının belirlenmesi ve baskı alınması gereken kavramlara karar verilebilmesi için sosyal bilgiler alanında uzman iki öğretim üyesi ve iki sosyal bilgiler öğretmeninden görüş alınmıştır. Alınan geri bildirimler çerçevesinde yirmi yedi adet kavramın materyalleştirilmesine karar verilmiş ve öğrencilerin baskı alınmadan da anlayabilecekleri kavramlar elenmiştir. Tasarlanmasına karar verilen yirmi yedi kavram karmaşıktan basite doğru sıralanmıştır. Deney grubunda kullanılmak üzere üretilmiş olan öğretim materyalleri Tablo 3.8'deki gibidir.

Tablo 3.8: Araştırmada Kullanılmak Üzere Üretilmiş Olan Öğretim Materyalleri

1. Çatalhöyük	2. Göbeklitepe	3. Pankuş Meclisi	4. Kadeş Antlaşması ve Anal	5. Aslanlı Kapı
6. İvriz Kabartmaları ve Asur Kabartması	7. Dokuma Tezgâhı	8. Fibula	9. Kral Midas Tümülüsü	10. Kral Midas Anıtı
11. İyon Şehir Devleti	12. Artemis Tapınağı	13. Efes Antik Kenti	14. Celsus Kütüphanesi	15. Van Kalesi
16. Kaya Mezarlar	17. Lidya Madeni Para	18. Sümer Şehir Devleti	19. Sümer Çivi Yazısı	20. Ziggurat
21. Tekerlek	22. İştâr Kapısı	23. Babil'in Asma Bahçeleri	24. Hammurabi Kanunları	25. Babil Kulesi

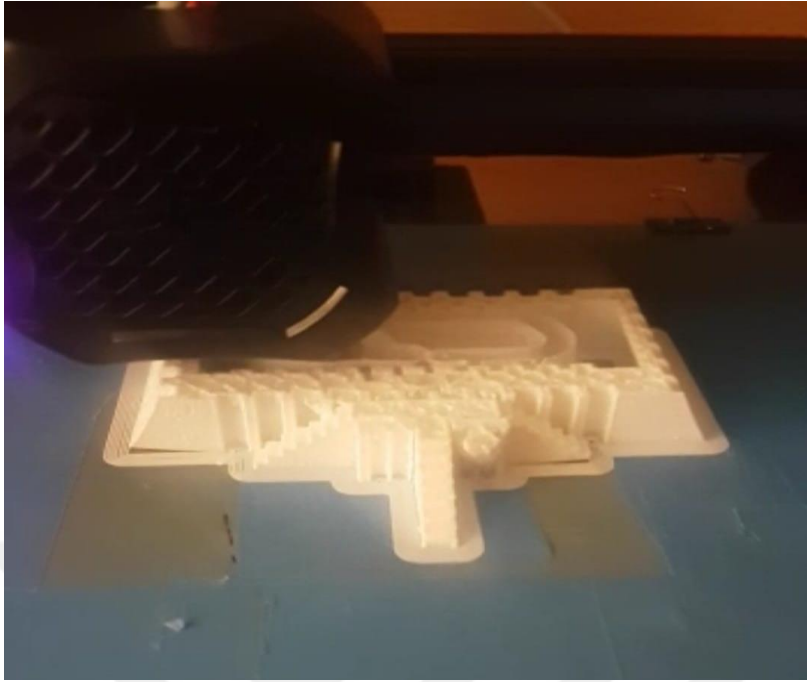
Bu kavramlar, Tinkercad isimli web sitesinde en karmaşık olandan en basit olana doğru tasarlanmıştır. Görsel 3.3'te, tasarım aşaması tamamlanmış olan bir öğretim materyaline yer verilmiştir.

Görsel 3.3: Tinkercad'de Tasarımı Tamamlanmış Olan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali



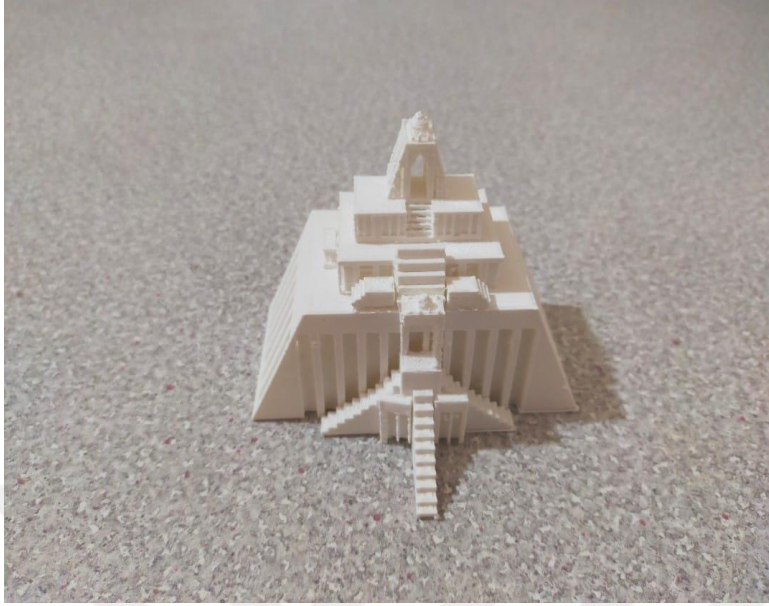
Daha sonra bu tasarımlar, bir baskı firmasına gönderilerek yazdırılmıştır. Bir öğretim materyalinin üç boyutlu baskı yöntemiyle yazdırılma aşaması Görsel 3.4'teki gibidir.

Görsel 3.4: Yazdırma İşlemi Devam Eden "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali



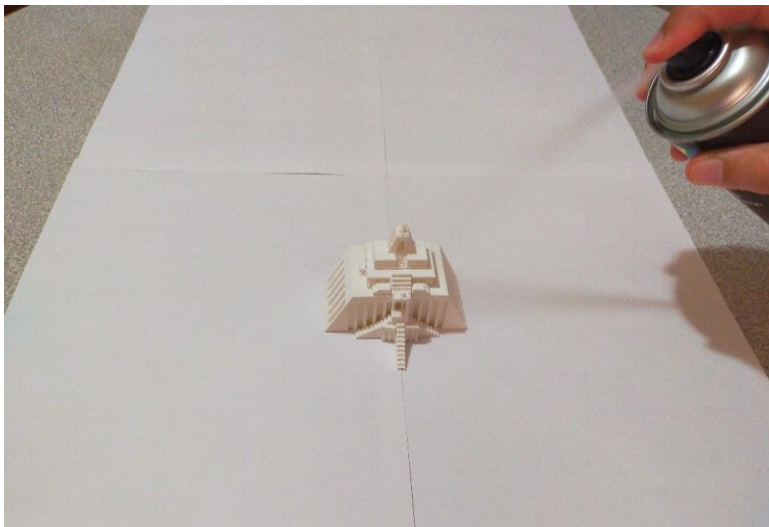
Yazdırma sırasında fiziksel bozukluklara sahip ürünler elde edildiğinde, tasarım aşamasına geri dönmüş ve tasarım üzerindeki hatalar düzeltilerek kavram tekrar yazdırılmıştır. Bu işlem sonucunda toplam yirmi beş adet öğretim materyali elde edilmiştir. Bir öğretim materyali iki kavramı da temsil edebildiği için, yirmi yedi adet kavram belirlenmesine rağmen yirmi beş adet öğretim materyali üretilmiştir (Asur Kabartması ile İvriz Kabartmaları ve Kadeş Antlaşması ile Çivi Yazısı kavramlarını ortak öğretim materyali temsil etmektedir). Öğretim materyallerinin darbe ve ısı sonucunda fiziksel bozulmalara uğramasının önüne geçmek amacıyla, üretim esnasında sert, dayanıklı ve dirençli olan polilaktik asit (PLA) bazlı filamentler kullanılmıştır. PLA, mısır nişastasından elde edildiği için insan sağlığını olumsuz etkileyecek bir özelliğe sahip değildir. Aynı zamanda doğada çözünebilirliği sayesinde çevre dostudur (Davachi ve Kaffashi, 2015). Bu ham madde zımparalama işlemine uygun olduğu için, öğretim materyalleri üretildikten sonra zımparalama işlemine tabi tutulmuştur. Görsel 3.5’te, yüzeyindeki pürüzleri gidermek amacıyla zımparalanmış olan öğretim materyali görülmektedir.

Görsel 3.5: Yazdırma İşlemi Tamamlanmış ve Destek Yapıları Temizlenmiş Olan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali



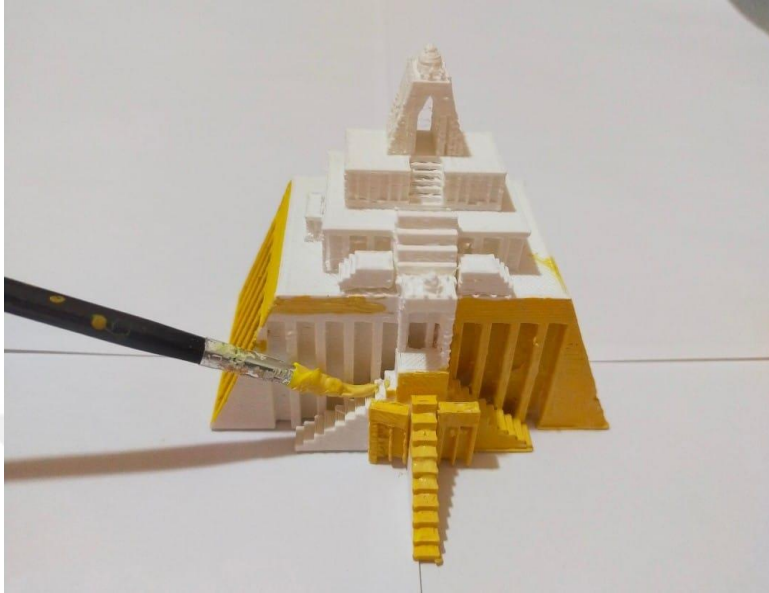
Ayrıca akrilik boya ile boyanabildiğinden, materyallerin ders kitabındaki renklerine uygun olarak boyanması planlanmış ve bu yüzden boyama aşamasının kolay olması için yazdırma sırasında beyaz renkli filamentler tercih edilmiştir. Dolayısıyla öğretim materyallerinin tümü beyaz renkte elde edilmiştir. Öncelikle elde edilen öğretim materyallerinin üzerine boyanın daha iyi yapışmasını sağlamak amacıyla sprey astar atılmıştır. Görsel 3.6'da da görüldüğü gibi, öncelikle elde edilen öğretim materyallerinin üzerine boyanın daha iyi yapışmasını sağlamak amacıyla sprey astar atılmıştır.

Görsel 3.6: Üzerine Sprey Astar Uygulanan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali



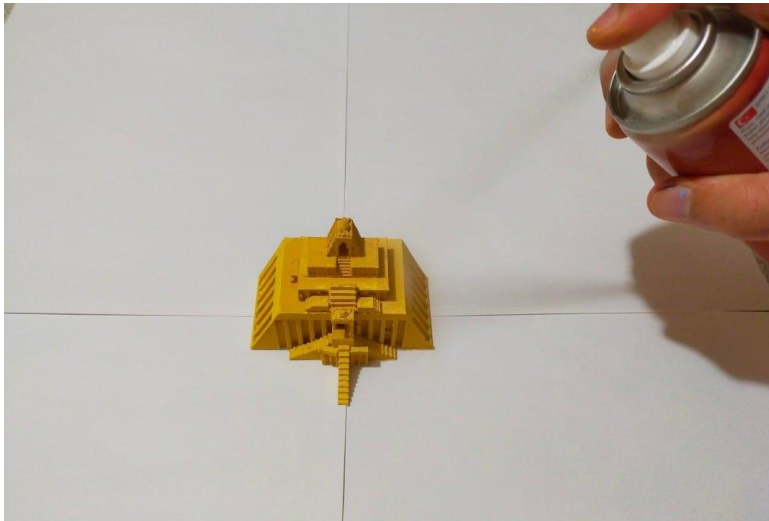
Astar kuruduktan sonra, öğretim materyalleri sahip oldukları orijinal renklerine göre akrilik boyalarla boyanmıştır. Boyama işlemi Görsel 3.7’de görüldüğü gibidir.

Görsel 3.7: Boyama İşlemi Devam Eden "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali



Son olarak boya kuruduktan sonra, Görsel 3.8’de de görülececeği üzere öğretim materyallerine canlı bir görünüm kazandırmak amacıyla sprej vernik atılmıştır.

Görsel 3.8: Üzerine Sprej Vernik Uygulanan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali



Deney grubunda kullanılacak olan öğretim materyallerinden birinin nihai hâli Görsel 3.9’da yer almaktadır. Üretilmiş olan tüm öğretim materyallerinin son şekilleri ise EK-9’daki gibidir.

Görsel 3.9: Üç Boyutlu Yazıcıdan Üretilmiş ve Fiziksel Düzenlemeleri Tamamlanmış Olan "Ziggurat" İsimli Öğretim Materyali



3.4. VERİLERİN TOPLANMASI

Bu araştırmada kullanılmış olan veriler, 2022-2023 eğitim-öğretim yılının birinci döneminde Kütahya ili Merkez ilçesindeki Ahteri İmam Hatip Ortaokulu'nda öğrenim gören beşinci sınıf düzeyindeki öğrencilerin oluşturduğu deney ve kontrol gruplarından, dört haftalık bir süre içerisinde araştırmacı tarafından toplanmıştır. Veri toplama araçları uygulanmadan önce öğrencilerle kısa bir şekilde tanışılmış, onlara araştırma ve veri toplama araçları hakkında gerekli bilgiler verilmiş ve kişisel verilerin izinsiz şekilde kimseyle paylaşılmayacağı taahhüt edilmiştir. Bu süreçte öğrencilere ön-test ve son-test olarak Tahiroğlu ve Aktepe (2015) tarafından geliştirilen motivasyon ölçeği, Çetinkaya ve Hatay Uçar (2019) tarafından geliştirilen tutum ölçeği ile araştırmacı tarafından geliştirilen başarı testi uygulanmıştır. Öğrencilerden verilerin toplanma süreci iki aşamada tamamlanmıştır. İlk aşamada, uygulamaya başlanmadan önce hem deney hem kontrol grubuna aynı anda ön-testler verilmiştir. Ön-test verileri toplandıktan sonra, deney grubunda dersler ders kitabına uygun şekilde ve üç boyutlu öğretim materyalleri eşliğinde dersin öğretmeni tarafından yürütülmüştür. Her konu anlatımının sonunda araştırmacı tarafından öğretim materyalleri kullanılarak kavramlarla ilgili bilgilendirmeler yapılmıştır. Daha sonra incelemeleri için materyaller öğrencilere verilmiştir. Kontrol grubunda ise ders, yine dersin öğretmeni tarafından ders kitabına uygun bir şekilde fakat sadece düz anlatım yöntemiyle işlenmiştir. Her konu anlatımının

sonunda araştırmacı, ders kitabında yer alan görseller üzerinden kavramlarla ilgili bilgilendirmeler yapmıştır. Dört hafta sonunda uygulamanın tamamlanmasıyla birlikte veri toplama sürecinin ikinci aşamasına geçilmiştir. Sürecin ikinci aşamasında ise, hem deney hem kontrol grubuna aynı anda son-testler verilmiş ve veri toplama süreci tamamlanmıştır. Verilerin bir ders saatini geçmeyecek sürede toplanmasına dikkat edilmiştir. Deney ve kontrol grupları için hazırlanmış olan ders planlarına EK-10'da yer verilmiştir. Araştırma süresince kullanılan öğretim materyallerinden biri Görsel 3.10'daki gibidir.

Görsel 3.10: Deney Grubundaki Veri Toplama Sürecinde Kullanılan "Fibula" İsimli Öğretim Materyali



3.5. VERİLERİN ANALİZİ

Araştırmada nicel veri toplama araçları ile ulaşılmış olan veriler, Statistical Package for the Social Sciences 24 (SPSS) istatistik programı yardımıyla nicel veri analizi teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Hangi testlerin kullanılmasına ilişkin karar verilmeden önce, elde edilen verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine Shapiro-Wilk testi ile bakılmıştır. Veriler normal dağılım göstermediğinden dolayı parametrik olmayan testler arasında bulunan Mann-Whitney U testi ile analiz edilmiştir.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
BULGULAR

Bu bölümde; üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmiş olan öğretim materyallerinin sosyal bilgiler öğretiminde kullanımının, öğrencilerin derse yönelik motivasyon, tutum ve başarıları üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılmış olan araştırmadan elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

4.1. SOSYAL BİLGİLER DERSİNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICI KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN DERSE YÖNELİK MOTİVASYONLARINA ETKİSİ

Yapılan araştırmada cevabı aranan ilk problem, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik motivasyon ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığıdır. Dolayısıyla bu problemi yanıtlayabilmek için, uygulamaya başlanmadan önce sosyal bilgiler dersine yönelik motivasyon düzeylerinin belirlenmesi amacıyla her iki gruba da ön-test dağıtılmıştır. Ön-test sonuçlarına yönelik bulgular Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Öğrencilerin Ön-Test Motivasyon Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

Grup	N	SSO	SST	U	p
Deney	26	28,83	749,50	277,5	,268
Kontrol	26	24,17	628,50		
Toplam	52				

Tablo 4.1'e göre, deney grubunda bulunan öğrencilerin sosyal bilgiler dersine karşı olan motivasyon düzeyleri kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla daha yüksektir. Ancak öğrencilerin motivasyon sıra ortalamaları dikkate alındığında, gruplar arasındaki söz konusu farklılığın anlamlı bir düzeyde olmadığı anlaşılmıştır ($U=277,5$; $p>.05$).

Ön-test verileri toplandıktan sonra, üç boyutlu öğretim materyallerinin öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik motivasyon düzeyleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla uygulama aşamasına geçilmiştir. Bu aşama iki grup için de eşit zaman diliminde ve farklı işlemler eşliğinde tamamlanmıştır. Ardından her iki gruba da aynı motivasyon ölçeği son-test olarak tekrar verilmiştir. Öğrencilerin son-teste vermiş oldukları yanıtların analiz sonuçları Tablo 4.2'deki gibidir.

Tablo 4.2: Öğrencilerin Son-Test Motivasyon Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

Grup	N	SSO	SST	U	p
Deney	26	33,98	883,50	143,5	,000*
Kontrol	26	19,02	494,50		
Toplam	52				

Tablo 4.2'ye göre, üç boyutlu yazıcıdan elde edilen öğretim materyallerinin kullanıldığı derslere katılan ve katılmayan öğrencilerin motivasyon puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Buna göre, deney grubunda yer alan öğrencilerin motivasyon puanlarının ortalaması kontrol grubunda bulunan öğrencilere kıyasla daha yüksektir ve bu farklılık anlamlı düzeydedir ($U=143,5$; $p<.05$). Söz konusu bulgu, sosyal bilgiler öğretiminde üç boyutlu yazıcıdan elde edilen öğretim materyallerinin kullanımının öğrencilerin derse yönelik motivasyon düzeylerini arttırmada etkili olduğunu göstermektedir.

4.2. SOSYAL BİLGİLER DERSİNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICI KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN DERSE YÖNELİK TUTUMLARINA ETKİSİ

Araştırmada cevap aranan bir diğer problem ise, deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerin uygulamaya başlanmadan önce sosyal bilgiler dersine yönelik sahip oldukları tutum ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığıdır. Söz konusu problemi yanıtlayabilmek adına, öğrencilerin uygulama öncesinde sosyal bilgiler dersine yönelik geliştirmiş oldukları tutum düzeylerini ortaya çıkarmak amacıyla her iki gruba da ön-test dağıtılmıştır. Ön-test sonuçlarına yönelik bulgular Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: Öğrencilerin Ön-Test Tutum Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

Grup	N	SSO	SST	U	p
Deney	26	23,98	623,50	272,5	,230
Kontrol	26	29,02	754,50		
Toplam	52				

Tablo 4.3, beşinci sınıf öğrencilerinin sosyal bilgiler dersine karşı geliştirmiş oldukları tutum düzeylerini göstermektedir. Bu tabloya göre, kontrol grubunda yer alan öğrencilerin derse karşı tutumu deney grubunda yer alan öğrencilere göre pozitif yönde daha yüksektir. Ancak grupların puan ortalamaları arasındaki farklılaşma anlamlı düzeyde değildir ($U=272,5$; $p>.05$).

Öğrencilerin uygulama öncesinde sosyal bilgiler dersine yönelik sahip oldukları tutum düzeyleri belirlendikten sonra uygulama aşamasına geçilmiştir. Derse yönelik tutum düzeyleri üzerinde bir farklılığa sebep olup olmayacağını inceleyebilmek amacıyla, uygulama sırasında üç boyutlu yazıcıdan elde edilen öğretim materyalleri kullanılmıştır. Uygulama tamamlandıktan sonra, her iki gruba da aynı tutum ölçeği son-test olarak tekrar

verilmiştir. Öğrencilerin son-teste vermiş oldukları yanıtların analiz sonuçları Tablo 4.4'teki gibidir.

Tablo 4.4: Öğrencilerin Son-Test Tutum Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

Grup	N	SSO	SST	U	p
Deney	26	25,87	672,50	321,5	,762
Kontrol	26	29,13	705,50		
Toplam	52				

Tablo 4.4 incelendiğinde, sosyal bilgiler dersinin üç boyutlu öğretim materyalleriyle yürütülmesi sonucunda hem deney hem de kontrol grubunda yer alan öğrencilerin tutum puanlarında bir artış gözlenmiştir. Ancak meydana gelen bu farklılığın anlamlı düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ($U=321,5$; $p>.05$). Bu sonucu ortaya çıkaran temel nedenin, belli bir tutum düzeyinin değişebilmesi için uzun bir zaman dilimine ihtiyaç duyulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. SOSYAL BİLGİLER DERSİNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICI KULLANIMININ ÖĞRENCİLERİN DERSE YÖNELİK BAŞARILARINA ETKİSİ

Yapılan araştırmada son olarak incelenen değişken, öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik sahip oldukları başarı düzeyleridir. Bu doğrultuda öncelikle, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesinde sosyal bilgiler dersine yönelik sahip oldukları başarı ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı incelenmiştir. Dolayısıyla uygulamaya başlanmadan önce her iki grubun da başarı düzeylerini ortaya çıkarmak için ön-test dağıtılmıştır. Ön-test sonuçlarına yönelik bulgular Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Öğrencilerin Ön-Test Başarı Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

Grup	N	SSO	SST	U	p
Deney	26	29,85	776,00	251,0	,099
Kontrol	26	23,15	602,00		
Toplam	52				

Tablo 4.5'e göre, deney grubunda yer alan öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik sahip oldukları başarı puanları kontrol grubunda bulunan öğrencilere göre daha yüksektir. Ancak gruplar arasındaki bu farklılaşma anlamlı düzeyde değildir ($U=251$; $p>.05$).

Ön-test verileri toplandıktan sonra, üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilen öğretim materyallerinin sosyal bilgiler öğretiminde kullanımının öğrencilerin derse yönelik başarı düzeyleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla uygulama aşamasına geçilmiştir. Uygulamanın ardından her iki gruba da aynı başarı testi son-test olarak tekrar verilmiştir. Öğrencilerin son-teste vermiş oldukları yanıtların analiz sonuçları Tablo 4.6'daki gibidir.

Tablo 4.6: Öğrencilerin Son-Test Başarı Puanlarına Göre Mann-Whitney U Testi Sonuçları

Grup	N	SSO	SST	U	p
Deney	26	39,50	1027,00	251,0	,000*
Kontrol	26	13,50	251,00		
Toplam	52				

Tablo 4.6, üç boyutlu öğretim materyalleri kullanılarak işlenen derslere katılan ve katılmayan öğrenciler arasındaki başarı puanı farklılıklarını göstermektedir. Buna göre deney grubunda yer alan öğrencilerin başarı puanları, kontrol grubunda bulunan öğrencilere göre daha yüksektir ve bu farklılık anlamlı düzeydedir ($U=251$; $p<.05$). Bu bulgu, sosyal bilgiler dersinde üç boyutlu öğretim materyali kullanımının öğrencilerin başarısını arttırmada etkili olduğunu göstermektedir.

4.4. HİPOTEZ SONUÇLARI

Araştırmanın başında belirlenmiş olan problem ve alt problemlere yönelik oluşturulmuş hipotezlerin sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7: Hipotez Sonuçları

Hipotezler	Bulgular
Birinci alt probleme yönelik oluşturulan hipotezler	
H ₀ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik motivasyon ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.	Kabul
H ₁ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik motivasyon ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.	Red
İkinci alt probleme yönelik oluşturulan hipotezler	
H ₀ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik motivasyon son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.	Red
H ₁ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik motivasyon son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.	Kabul
Üçüncü alt probleme yönelik oluşturulan hipotezler	
H ₀ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik tutum ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.	Kabul
H ₁ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik tutum ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.	Red
Dördüncü alt probleme yönelik oluşturulan hipotezler	
H ₀ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik tutum son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.	Kabul
H ₁ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik tutum son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.	Red
Beşinci alt probleme yönelik oluşturulan hipotezler	
H ₀ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik akademik başarı ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.	Kabul
H ₁ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama öncesi derse yönelik akademik başarı ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.	Red
Altıncı alt probleme yönelik oluşturulan hipotezler	
H ₀ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik akademik başarı son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.	Red
H ₁ : Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin uygulama sonrası derse yönelik akademik başarı son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır.	Kabul



BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇ

Teknoloji, geçmişten günümüze uzanan süre içerisinde bir yandan gelişimini sürdürmeye devam ederken diğer yandan hayatımızı şekillendirmektedir (Renu, 2021). Günümüzde birçok alan zaman ve maliyetten tasarruf sağlamak, iş akışını kolaylaştırmak ve emek gücüne duyulan ihtiyacı azaltmak gibi benzer amaçlar çerçevesinde çeşitli teknolojik araçlardan faydalanmaktadır (Günay ve Arıdur, 2001). Teknolojinin sunmuş olduğu avantajlardan istifade etmeye çalışan alanlardan biri de eğitimidir (Yıldız ve Metin, 2020). Teknolojik araçlar; yapılandırmacı bir öğrenme ortamı oluşturarak süreci kolaylaştırmak, öğrencilerin bireysel öğrenmelerini desteklemek ve dersi ilgi çekici hâle getirmek gibi çeşitli amaçlar doğrultusunda uzun zamandan beri öğrenme ortamlarına entegre edilmektedir (Boz ve Özerbaş, 2020; Tatar, Zengin ve Kağızmanlı, 2013; Yürektürk ve Coşkun, 2020). Öğrenme ortamlarında yakın geçmişe kadar tepegöz, radyo ve televizyon gibi teknolojik araçlar sıklıkla kullanılırken, günümüzde daha çok projeksiyon, bilgisayar, tablet ve akıllı tahta gibi teknolojik araçlardan yararlanılmaktadır (Kalkanoğlu ve Albuz, 2019). Öte yandan, teknolojinin eğitim alanıyla bütünleşmeye başladığı günden itibaren devamlı olarak çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Söz konusu çalışmalar teknolojinin eğitim alanına sağladığı faydaları gözler önüne sermekte ve eğitimde kullanımının yaygınlaşması için birtakım öneriler sunmaktadır (Alpar, Batdal ve Avcı, 2007). Ayrıca gün geçtikçe yaşanan gelişmeler doğrultusunda, öğrencileri üretici konumuna taşıyarak daha aktif hâle getiren ve onlara gerçeğe yakın deneyimler kazandıran ileri düzey teknolojik araçlar grubuna yeni üyeler eklenmektedir (Korucu, Usta ve Yavuzaslan, 2016). Söz konusu teknolojik yeniliklerden biri, üç boyutlu yazıcıdır. Endüstriyel üretimde kullanılmak üzere ortaya çıkan üç boyutlu yazıcı, eğitim alanında ilk kez mühendislik ve mimarlık alanlarında tercih edilmiştir (Schubert, Van Langeveld ve Donoso, 2014). İlerleyen zamanlarda bu teknolojiye yönelik çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiş ve öğrenme faaliyetleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sağladığı faydalardan dolayı üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanıldığı kademe ve ders sayısı gün geçtikçe artmıştır. Bu teknoloji günümüzde eğitim kademesi fark etmeksizin matematikten kimyaya, tasarımdan coğrafyaya kadar geniş bir ölçekte kullanılmaktadır (Kökhan ve Özcan, 2018). Sosyal bilgiler de üç boyutlu yazıcının etkili bir şekilde kullanılabileceği derslerin başında gelmektedir (Karaduman, 2017). Ancak bu teknolojinin sosyal bilgiler öğretiminde kullanımı diğer derslere kıyasla sınırlı kalmıştır. Dolayısıyla sosyal bilgiler öğretiminde üç boyutlu yazıcı kullanımına yönelik yapılan

çalışma sayısı yok denecek kadar azdır (Karaduman, 2018). İlgili literatürde bu konuya dair yalnızca bir adet deneysel çalışma bulunmaktadır (Maloy, vd., 2017). Ancak sosyal bilgiler dersinde üç boyutlu yazıcı kullanımının öğrencilerin motivasyon, tutum ve başarılarına olan etkisini inceleyen bir çalışma yoktur. Sonuç olarak, literatürdeki boşluğu doldurmak ve literatüre katkı sağlamak amacıyla bu çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir.

Öncelikle deney ve kontrol grubu öğrencilerine aynı anda ön-testler dağıtılarak çalışmaya başlanmıştır. Verilerin toplanmasından sonra, deney grubunda dersler ders kitabına uygun şekilde ve üç boyutlu öğretim materyalleri eşliğinde dersin öğretmeni tarafından yürütülmüştür. Her konu anlatımının sonunda araştırmacı tarafından öğretim materyalleri kullanılarak kavramlarla ilgili bilgilendirmeler yapılmıştır. Daha sonra incelemeleri için materyaller öğrencilere verilmiştir. Kontrol grubunda ise ders, yine dersin öğretmeni tarafından ders kitabına uygun bir şekilde fakat sadece düz anlatım yöntemiyle işlenmiştir. Her konu anlatımının sonunda araştırmacı, ders kitabında yer alan görseller üzerinden kavramlarla ilgili bilgilendirmeler yapmıştır. Konu anlatımı tamamlandıktan sonra gruplara aynı anda son-testler dağıtılmıştır. Elde edilen ön-test ve son-test puanları analize tabi tutularak, anlamlı bir farklılığın olup olmadığı hesaplanmıştır. Konu anlatım aşamasına geçilmeden önce, iki grubun tüm değişken puanları birbirine yakın bulunmuştur. Deney grubunun motivasyon ve başarı puanları, kontrol grubunun ise tutum puanları daha yüksek çıkmıştır. Ancak söz konusu farklılıkların anlamlı düzeyde olmadığı anlaşılmıştır. Gerçekleştirilen konu anlatımı sonucunda elde edilen son-test sonuçlarına göre, deney grubunun motivasyon ve başarı değişkenlerinde kontrol grubuna anlamlı düzeyde üstünlük sağladığı görülmüştür. Ancak tutum değişkeni üzerinde herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır. Buradan hareketle, öğrenme sürecinde üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmiş olan öğretim materyallerinin kullanımının, öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik motivasyon ve başarılarını arttırırken tutum düzeylerini değiştirmedeği söylenebilir.

5.2. TARTIŞMA

Araştırma kapsamında ulaşılan sonuçlar, bu başlık altında ilgili literatür göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır.

Uygulamaya başlanmadan önce, hem deney hem de kontrol grubuna aynı anda 4. Ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği verilmiştir. Araştırma sonuçları

incelendiğinde, iki grubun motivasyon puanları birbirine yakın bulunmuş ve deney grubunda yer alan öğrencilerin kontrol grubunda yer alan öğrencilere kıyasla daha motive oldukları anlaşılmıştır. Ancak, bu ön-test puanları arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Ön-test verileri toplandıktan sonra, her iki grupta da uygulama kapsamında planlanan konu anlatımları gerçekleştirilmiştir. Konu anlatımları tamamlandıktan sonra aynı ölçek öğrencilere son-test olarak tekrar verilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde, deney grubunda yer alan öğrencilerin kontrol grubunda yer alan öğrencilere kıyasla daha yüksek motivasyon puanına sahip olduğu görülmüştür. Üstelik son-test puanları arasında meydana gelen bu farklılığın anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum öğrenme sürecinde üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmiş olan öğretim materyallerinin kullanımının, öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik motivasyonlarını arttırdığını göstermiştir. Konuya yönelik literatür incelendiğinde, eğitimde üç boyutlu yazıcı teknolojisi kullanımının öğrencilerin motivasyon düzeylerini olumlu yönde etkilediğini belirten çok sayıda çalışmanın olduğu tespit edilmiştir. Örneğin Kwon'un yapmış olduğu çalışmada ortaokul öğrencilerine üç boyutlu tasarım ve baskı eğitimi verilmiştir. Öğrenciler eğitim sırasında edindikleri bilgiler ışığında çeşitli tasarımlar yapmışlar ve baskılarını almışlardır. Tüm bu uygulamalar onların motivasyon düzeylerini arttırmıştır (Kwon, 2017). Minetola ve arkadaşları, lisansüstü düzeyde öğrenim gören mühendislik öğrencilerine bilgisayar destekli üretim eğitimi vermişlerdir. Söz konusu eğitim boyunca öğrenciler çeşitli ürünler tasarlayarak üretimlerini gerçekleştirmişlerdir. Bu durum onların ilgilerini çekmiş ve motivasyonlarını arttırmıştır (Minetola, vd., 2015). Buna benzer bir çalışmada Özsoy, ön lisans düzeyinde öğrenim gören öğrencilerle birlikte üç boyutlu yazıcı kullanarak çeşitli prototipler üretmiştir. Üretilen prototipler bir mühendislik dersinde kullanılmış ve öğrencilerin motivasyonlarının artmasını sağlamıştır (Özsoy, 2019). Güneş ve arkadaşları, mekatronik bölümü öğrencilerine üç boyutlu yazıcıyı ve ona bağlı yazılım programlarını öğretmeyi hedeflemişlerdir. Bu doğrultuda öğrencilerden bir proje geliştirmeleri ve onu hayata geçirmeleri istenmiştir. Çalışmanın sonunda yenilikçi düşünme, tasarım ve üretim becerilerini kazanan öğrencilerin derse yönelik motivasyonları da yükselmiştir (Güneş, vd., 2020). Eğitimde üç boyutlu yazıcı teknolojisi kullanımının öğrencilerin motivasyon düzeylerini olumlu şekilde etkilediğine yönelik örnek gösterilen çalışmaların sayısı çoğaltılabilir (Al Ruheili ve Al Hajri, 2021; Şengel, Koçak ve Güleryüz, 2019; Tu ve Chiang, 2016). Ancak tüm bunların aksine Çekirge'nin yapmış olduğu çalışmada, üç boyutlu yazıcı kullanımı ile öğrencilerin derse yönelik motivasyonları arasında anlamlı

bir ilişki bulunamamıştır (Çekirge, 2019). Ayrıca tüm bunların dışında, kontrol grubu öğrencilerinin ön-test ve son-test puanları arasındaki farklılık kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Ancak bu puanlar arasında anlamlı bir farklılık oluşmamıştır.

Uygulama öncesinde deney ve kontrol gruplarına aynı anda verilen ikinci ön-test, Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği'dir. Öğrencilerin bu ölçeğe verdikleri yanıtlar incelendiğinde, iki grubun sosyal bilgiler dersine yönelik geliştirmiş oldukları tutum düzeylerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Kontrol grubunun tutum puanları, deney grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ancak aradaki puan farklılığının bir anlam ifade etmediği anlaşılmıştır. Öğrencilerin derse yönelik tutum düzeylerini gösteren veriler elde edildikten sonra, her iki grupta da uygulama kapsamında planlanan konu anlatımları gerçekleştirilmiştir. Konu anlatımlarının ardından aynı ölçek öğrencilere son-test olarak tekrar verilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde, her iki grubun da sosyal bilgiler dersine yönelik tutum puanlarının arttığı gözlemlenmiştir. Ancak her iki grup için de geçerli olan puan artışının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmadığı görülmüştür. Özetle son-test üzerinden toplanan veriler, öğrenme sürecinde üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmiş olan öğretim materyallerinin kullanımının, öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik tutumlarını değiştirmediğini göstermiştir. Bu sonucu ortaya çıkaran temel nedenin, belli bir tutum düzeyinin değişebilmesi için uzun bir zaman dilimine ihtiyaç duyulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Bilge ve Çam, 2010). Oysaki literatürde bulunan çalışmalar, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin öğrencilerin derse yönelik tutumları üzerinde olumlu etkiler sağladığını belirtmektedir. Örneğin Çekirge (2019), üç hafta boyunca ortaokul yedinci sınıf öğrencileriyle teknoloji ve tasarım dersine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Söz konusu çalışmanın kontrol grubunda dersler yalnızca dijital materyallerle işlenirken, deney grubunda dijital materyallere ek olarak üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla elde edilmiş olan fiziksel materyaller de kullanılmıştır. Çalışma tamamlandığında, deney grubu öğrencilerinin teknoloji ve tasarım dersine yönelik tutum düzeylerinin anlamlı şekilde arttığı görülmüştür. Gürel Taşkiran (2019)'ın on hafta boyunca yapmış olduğu benzer bir çalışmada da, üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle yürütülen uygulamaların öğrencilerin fen bilgisi dersine yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Araştırma kapsamında son olarak, öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik akademik başarılarının gelişimleri ele alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda uygulamaya geçilmeden önce her iki gruba da aynı anda İlkçağ Uygarlıkları Konusu Başarı Testi ön-

test olarak verilmiştir. Öğrencilerin yirmi beş soru ve dört seçenekten oluşan başarı testine verdikleri cevaplar, grupların uygulama öncesinde sahip olduğu akademik başarı düzeylerinin yakınlığını göstermiştir. Deney grubu öğrencilerinin akademik başarı puanları kontrol grubu öğrencilerine göre daha yüksek çıksa da, puanlar arasındaki farklılığın anlamlı düzeyde olmadığı anlaşılmıştır. Öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik akademik başarı düzeyleri belirlendikten sonra uygulama aşamasına geçilmiştir. Uygulamanın sonunda ise aynı başarı testi öğrencilere son-test olarak tekrar dağıtılmıştır. Elde edilen son-test sonuçları incelendiğinde, tıpkı uygulama öncesinde olduğu gibi yine deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine kıyasla daha yüksek akademik başarı puanlarına sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Üstelik grupların son-test puanları arasında meydana gelen farklılığın anlamlı düzeyde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu durum öğrenme sürecinde üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmiş olan öğretim materyallerinin kullanımının, öğrencilerin sosyal bilgiler dersine yönelik akademik başarılarını arttırdığını göstermiştir. İlgili literatür incelendiğinde, eğitimde üç boyutlu yazıcı kullanımının öğrencilerin akademik başarılarını arttırdığını gösteren çeşitli çalışmalara rastlanmıştır. Örneğin Lim ve arkadaşları ile Smith ve arkadaşları, yakın zaman diliminde birbirine benzeyen çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Her iki çalışma da tıp alanında bulunan anatomi eğitimi üzerinden yürütülmüştür. Lim ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada dersler, birinci öğrenci grubunda kadavra materyalleri, ikinci öğrenci grubunda üç boyutlu yazıdan elde edilmiş materyaller ve üçüncü öğrenci grubunda ise bahsi geçen her iki materyal türüyle işlenmiştir. Smith ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ise, öğrenci gruplarından birinde üç boyutlu anatomik modeller kullanılırken diğerinde iki boyutlu görseller kullanılmıştır. Söz konusu iki çalışmanın sonucunda da üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmiş olan materyallerin kullanıldığı gruplarda yer alan öğrencilerin akademik başarı düzeylerini arttırdıkları sonucuna ulaşılmıştır (Lim, K. H. A., vd., 2016; Smith, vd., 2018). Fen bilgisi dersine yönelik olarak Sypros ve arkadaşları sürtünme konusunun, Avinal ise vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğretiminde üç boyutlu yazıcı teknolojisinden yararlanmışlardır. Söz konusu teknolojinin kullanıldığı deney gruplarının akademik başarı puanlarında gözle görülür bir artış yaşanmıştır (Avinal, 2019; Sypros, vd., 2021). Öğrenme sürecinde üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kullanımına bağlı olarak öğrencilerin akademik başarılarının yükseldiğini gösteren çalışmaların sayısı çoğaltılabilir (Al Ruheili ve Al Hajri, 2021; Chery, vd., 2015; Çekirge, 2019). Ancak tüm bunların aksine, üç boyutlu yazıcı kullanımının derse yönelik akademik başarı düzeyleri üzerinde herhangi bir etki yaratmadığını gösteren çalışmalar

da mevcuttur (Chien, 2017; Novak ve Wisdom, 2018). Ayrıca tüm bunların dışında, kontrol grubu öğrencilerinin akademik başarı düzeylerine yönelik ön-test ve son-test puanları arasındaki farklılık kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Ancak uygulama öncesi ve sonrasında elde edilen puanlar arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

5.3. ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda araştırmacılara ve konunun paydaşlarına yardımcı olmak amacıyla birtakım önerilere yer verilmiştir.

- Bu araştırma imam hatip ortaokulunda yürütüldüğü için, örneklem grubunda yer alan öğrencilerin tümü erkektir. Yapılması planlanan yeni araştırmalarda, örneklem grubuna kız öğrenciler de dâhil edilebilir. Ayrıca örneklemdeki öğrenci sayısı artırılabilir.
- Araştırma kapsamında kullanılan öğretim materyalleri araştırmacı tarafından tasarlanıp üretilmiştir. Yapılması planlanan yeni araştırmalarda, tasarım ve üretim aşamasına öğrenciler de dâhil edilebilir.
- Araştırmanın yürütüldüğü konu ve sınıf düzeyi değiştirilebilir.
- Uygulama daha uzun bir zaman dilimine yayılabilir.
- Araştırma, nicel yöntemler kullanılarak yürütülmüştür. Yapılması planlanan yeni araştırmalarda, nitel ya da karma yöntemler tercih edilebilir.
- Öğretmenlere üç boyutlu yazıcı kullanma eğitimleri verilerek derslerinde bu materyallerden yararlanmaları sağlanabilir. Öğrenme süreci içinde üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla üretilmiş olan öğretim materyallerinin kullanılmasıyla, öğrencilerin derse yönelik motivasyonları artırılabilir.
- Öğretmenler tarafından öğrencilere bu teknolojinin kullanımı öğretilerek onların da tasarım ve üretim yapmaları desteklenebilir.
- Öğretmenler, üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile üretilmiş olan öğretim materyallerinin kullanılacağı ders içi etkinlikler tasarlayabilirler. Bu sayede öğrenme süreci verimli hâle getirilerek öğrencilerin derse yönelik başarı düzeyleri üzerinde olumlu katkılar sağlanabilir.



EKLER

EK-1: Kurumsal Etik Kurul İzni



T. C.
KÜTAHYA DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve
Yayın Etiği Kurulu

TOPLANTI TUTANAĞI

Toplantı Tarihi:29/09/2021
Toplantı Sayısı: 2021/07

GÜNDEM 3: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'nün 23.08.2021 tarihli ve E.42866 sayılı yazısı gereğince; Sosyal Bilimler Eğitimi Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Emre EKSERİN'in "*Sosyal Bilgiler Öğretiminde 3D Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Motivasyon, Tutum ve Başarılarına Etkisi*" başlıklı akademik çalışmasında kullanılmak üzere, görüşme ve anket yapma talebinin etik açıdan uygunluğu üzerine görüşme.

KARAR 3 : Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'nün 23.08.2021 tarihli ve E.42866 sayılı yazısı gereğince; Sosyal Bilimler Eğitimi Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Emre EKSERİN'in "*Sosyal Bilgiler Öğretiminde 3D Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Motivasyon, Tutum ve Başarılarına Etkisi*" başlıklı akademik çalışmasında kullanılmak üzere, görüşme ve anket yapma talebinin etik açıdan uygunluğu üzerine görüşüldü.

Yapılan görüşmeler ve değerlendirmeler sonucunda, çalışma kapsamında uygulanacak olan anket-görüşme sorularının ve ölçeklerin, gerekli izinlerin alınması kaydıyla, fikri, hukuki ve telif hakları bakımından sorumluluğu başvurucuya ait olmak üzere etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verildi.

EK-2: Kütahya İl Millî Eğitim Müdürlüğü ve Kütahya Valiliği'nden Alınan Uygulama İzinleri

Tarih ve Sayı: 02.08.2022 - 126546



T.C.
KÜTAHYA DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı



Sayı : E-75557786-044-126546
Konu : Anket İzni (Emre EKSERİN)

02.08.2022

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : a) 04.07.2022 tarihli ve E-75621633-044-121801 sayılı yazınız.
b) Kütahya İl Millî Eğitim Müdürlüğü'nün 01.08.2022 tarihli ve E-53490996-44-54409004 sayılı yazısı.

Enstitünüz Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi (Sosyal Bilgiler Eğitimi) Tezli Yüksek Lisans Programı 201981301108 No.lu öğrencisi Emre EKSERİN'in anket izin talebi ile ilgili İlgi (b)'de kayıtlı yazı ve eki Ek'te yer almaktadır.

Bilgilerini ve gereğini arz ederim.

Sülbüye UMURHAN
Daire Başkanı

Ek:İlgi (b) Yazı ve Eki (2 sayfa)

EK-2: (Devam) Kütahya İl Millî Eğitim Müdürlüğü ve Kütahya Valiliği'nden Alınan Uygulama İzinleri

Evrak Tarih ve Sayısı: 02.08.2022-126501



T.C.
KÜTAHYA VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-53490996-44-54409004
Konu : Anket izni

01.08.2022

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Öğrenciler Daire Başkanlığı)

İlgi : a) 19.07.2022 tarihli ve E-75557786-300-121942 sayılı yazınız.
b) 29.07.2022 tarihli ve E-53490996-44-54378900 sayılı onay.

Üniversiteniz Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi (Sosyal Bilgiler Eğitimi) Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Emre EKSER N' in "*Sosyal Bilgiler Eğitiminde 3D Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Motivasyon, Tutum ve Başarılarına Etkisi*" konulu tez çalışması kapsamındaki anket çalışması için Valilik Makamından alınan ilgi (b) onay ekte gönderilmiştir.

İlgilinin anket çalışması tamamlandıktan sonra bir örneğinin Müdürlüğümüz Ar-Ge birimine gönderilmesini arz ederim.

Hasan BAĞCI
İl Millî Eğitim Müdürü

Ek: İlgi (b) onay (1 sayfa)

**EK-2: (Devam) Kütahya İl Millî Eğitim Müdürlüğü ve Kütahya Valiliği'nden
Alınan Uygulama İzinleri**



T.C.
KÜTAHYA VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-53490996-44-54378900
Konu : Anket izni

29/07/2022

VALİLİK MAKAMINA

İlgi : Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Rektörlüğü Öğrencileri Daire Başkanlığının 19/07/2022 tarihli ve E-75557786-300-121942 sayılı yazısı.

İlgi yazıda, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi (Sosyal Bilgiler Eğitimi) Tezli Yüksek Lisans Programı 201981301108 numaralı öğrencisi Emre EKSER N' in "*Sosyal Bilgiler E itiminde 3D Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Motivasyon, Tutum ve Başarılarına Etkisi*" konulu tez çalışması kapsamında anket yapmak istediği bildirilmiştir.

Söz konusu Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi (Sosyal Bilgiler Eğitimi) Tezli Yüksek Lisans Programı 201981301108 numaralı öğrencisi Emre EKSER N' in limiz genelinde resmî ortaokul öğrencilerine yönelik "*Sosyal Bilgiler E itiminde 3D Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Motivasyon, Tutum ve Başarılarına Etkisi*" konulu anket uygulaması müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınıza arz ederim.

Hasan BAĞCI
İl Millî Eğitim Müdürü

OLUR
Hasan ERKAL
Vali a.
Vali Yardımcısı

EK-3: Veli Onam Formu

Sayın Veli;

Çocuğunuzun katılacağı bu çalışma, “Sosyal Bilgiler Öğretiminde 3D Yazıcı Kullanımının Öğrencilerin Motivasyon, Tutum ve Başarılarına Etkisi” adıyla, 17.10.2022 – 28.10.2022 tarihleri arasında yapılacak bir araştırma uygulamasıdır.

Araştırmanın Hedefi: Üç boyutlu yazıcı kullanılarak elde edilen öğretim materyallerinin sosyal bilgiler dersinde kullanımının, öğrencilerin motivasyon, tutum ve başarılarına olan etkisini belirlemektir.

Araştırma Uygulaması: Anket şeklindedir.

Araştırma T.C. Milli Eğitim Bakanlığı’nın ve okul yönetiminin de izni ile gerçekleştirilmektedir. Araştırma uygulamasına katılım tamamıyla gönüllülük esasına dayalı olmaktadır. Çocuğunuz çalışmaya katılıp katılmamakta özgürdür. Araştırma çocuğunuz için herhangi bir istenmeyen etki ya da risk taşımamaktadır. Çocuğunuzun katılımı **tamamen sizin isteğinize bağlıdır**, reddedebilir ya da herhangi bir aşamasında ayrılabilirsiniz. Araştırmaya katılmama veya araştırmadan ayrılma durumunda öğrencilerin akademik başarıları, okul ve öğretmenleriyle olan ilişkileri etkilenmeyecektir.

Çalışmada öğrencilerden kimlik belirleyici hiçbir bilgi istenmemektedir. Cevaplar tamamıyla gizli tutulacak ve sadece araştırmacılar tarafından değerlendirilecektir.

Uygulamalar, genel olarak kişisel rahatsızlık verecek sorular ve durumlar içermemektedir. Ancak, katılım sırasında sorulardan ya da herhangi başka bir nedenden çocuğunuz kendini rahatsız hissederse cevaplama işini yarıda bırakıp çıkmakta özgürdür. Bu durumda rahatsızlığın giderilmesi için gereken yardım sağlanacaktır. Çocuğunuz çalışmaya katıldıktan sonra istediği an vazgeçebilir. Böyle bir durumda veri toplama aracını uygulayan kişiye, çalışmayı tamamlamayacağını söylemesi yeterli olacaktır. Anket çalışmasına katılmamak ya da katıldıktan sonra vazgeçmek çocuğunuza hiçbir sorumluluk getirmeyecektir.

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: Emre EKSERİN

İletişim Bilgileri

*Velisi bulunduğum 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-4: 4. Ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği

4. ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği

Değerli öğrenciler, elinizdeki bu ölçek sizlerin sosyal bilgiler dersine yönelik motivasyonunuzu incelemeyi amaçlayan bilimsel bir çalışma için hazırlanmıştır. Bu form tek bölümden oluşmaktadır ve yaklaşık 10 dakikada yanıtlanmaktadır. Ölçekte yer alan sorulara içtenlikle yanıt vermeniz araştırma için önemlidir. Lütfen boş madde bırakmayınız. Araştırmaya katıldığınız ve bu ölçeği doldurduğunuz için sizlere teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Öğrencisi Emre Ekserin

		Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
1	Yeteri kadar (uygun bir şekilde) çalışırsam sosyal bilgiler dersinde başarılı olacağımı düşünüyorum.					
2	Sosyal bilgiler dersinde başarılı olmama yardımcı olacak, proje ve performans görevleri almak isterim.					
3	Sosyal bilgiler dersinde başarılı olabileceğimi herkese kanıtlamak isterim.					
4	Sosyal bilgiler dersinde başarılı olunca kendimi çok iyi hissedirim.					
5	Sosyal bilgiler dersindeki tüm konuları öğrenmek istiyorum.					
6	Sosyal bilgiler dersindeki sınavlarda en yüksek notu almak istiyorum.					
7	Sosyal bilgiler dersinde başarılı olmak, başarılı olma isteğimi daha da artırıyor.					
8	Sosyal bilgiler dersindeki başarılarımla örnek gösterilmek istiyorum.					
9	Sosyal bilgiler dersinden düşük not alırsam çok üzülürüm.					
10	Ailemin benimle ilgili beklentilerini karşılamak için sosyal bilgiler dersinden başarılı olmak istiyorum.					
11	İlerde gireceği sınavlardan (lise ve üniversiteye giriş sınavları) istediğim puanları alabilmek için sosyal bilgiler dersinden de başarılı olmak istiyorum.					
12	Sınıfta sorulan sorulara doğru cevap verebilmek için sosyal bilgiler dersine çalışırım.					
13	Takdir veya teşekkür belgesi alabilmek için sosyal bilgiler dersinde de çok başarılı olmam gerekiyor.					
14	Hedeflerime ulaşmak için sosyal bilgilerle ilgili tüm konuları öğrenmem gerekiyor.					
15	Benim için sosyal bilgilerden daha önemli dersler var. Bu yüzden sosyal bilgiler dersine daha az zaman ayırıyorum.					
16	Arkadaşlarımla birlikte sosyal bilgiler dersine çalışmak çok keyifli oluyor.					
17	Öğretmenin, sosyal bilgiler dersinde yaptığı etkinlikler (oyunlar, yarışmalar, filmler, gezi, gözlem vb.) derse olan ilgimi artırır.					
18	Sosyal bilgilerle ilgili yeni bilgiler öğrenmeyi çok istiyorum.					
19	Sosyal bilgiler dersinde öğrendiklerimin, okul dışı yaşamımda da işime çok yarayacağını düşünüyorum.					
20	Benim için şu an önemli olan şey not ortalamamı yükseltmektir, dolayısıyla sosyal bilgiler dersinde de önemli olan yüksek bir not almaktır.					
21	Aslında dürüst olmak gerekirse, sosyal bilgiler dersinde boşa zaman harcıyormuşum gibi geliyor.					
22	Açıkçası, benim için sosyal bilgiler dersi pek de önemli değil.					
23	Doğruyu söylemek gerekirse, sosyal bilgiler dersine ailem ve öğretmenim					

EK-4: (Devam) 4. Ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği

	zorlamasa çalışmam.					
24	Sosyal bilgiler ders konuları çok sıkıcı.					
25	Sosyal bilgiler dersine katılmak zorunda olduğum içi katılıyorum.					
26	Ailemin ve öğretmenimin beni takdir etmeleri (bana aferin demeleri) için sosyal bilgiler dersinden başarılı olmak istiyorum.					
27	Ailemin ve öğretmenimin benimle gurur duymaları için sosyal bilgiler dersinde de başarılı olmak istiyorum.					
28	Sosyal bilgiler dersinde başarılı olup öğretmenimin gözüne girmek istiyorum.					
29	Arkadaşılarıma örnek olmak ve onların beğenisini kazanmak için sosyal bilgiler dersinde de başarılı olmak istiyorum.					



EK-5: 4. Ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği İçin Alınan Uygulama İzni



4. ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği Kullanım İzni

1 ileti

26 Ağu 2021 Per, 13:09

[Alınılan metin gizlendi]

kullanabilirsiniz. kolaylıklar dilerim.

Mustafa TAHİROĞLU

*** Bu e-posta zararlı içeriğe karşı, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Antivirus ve e-posta Tarama Sistemleri tarafından taranmıştır.***

*Bu elektronik posta ve ekleri sadece adreste belirtilen kişi veya kuruluşun kullanımı için gönderilmektedir. Bu mesaj tarafınıza yanlışlıkla ulaşırsa, lütfen gönderen kişiyi bilgilendiriniz ve mesajı sisteminizden siliniz. Mesajda ve eklerinde yer alan bilgilerin her ne şekilde olursa olsun üçüncü kişiler ile paylaşılması hukuki ve cezai sorumluluk doğurabilir.

T.C. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi'nin, bu mesaj ve eklerinin içeriği ve yayımı ile ilgili hiçbir sorumluluğu bulunmamaktadır.*

*This email and the attachments are sent to the individual or entity defined in the address field only.

If you are not the intended recipient or have received the message in error, please notify the sender and remove the message from your system immediately.

Sharing the information in the message or the attachments with the 3rd parties may cause legal rules and penalties to apply.

T.C. Nevşehir Hacı Bektaş Veli University has no responsibility on the submission of this message and the attachments.*



4. ve 5. Sınıf Sosyal Bilgiler Dersi Motivasyon Ölçeği Kullanım İzni

1 ileti

25 Ağu 2021 Çar, 13:19

[Alınılan metin gizlendi]

merhaba emre, ölçeği kullanabilirsiniz. Kolaylıklar dilerim.

*** Bu e-posta zararlı içeriğe karşı, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Antivirus ve e-posta Tarama Sistemleri tarafından taranmıştır.***

*Bu elektronik posta ve ekleri sadece adreste belirtilen kişi veya kuruluşun kullanımı için gönderilmektedir. Bu mesaj tarafınıza yanlışlıkla ulaşırsa, lütfen gönderen kişiyi bilgilendiriniz ve mesajı sisteminizden siliniz. Mesajda ve eklerinde yer alan bilgilerin her ne şekilde olursa olsun üçüncü kişiler ile paylaşılması hukuki ve cezai sorumluluk doğurabilir.

T.C. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi'nin, bu mesaj ve eklerinin içeriği ve yayımı ile ilgili hiçbir sorumluluğu bulunmamaktadır.*

*This email and the attachments are sent to the individual or entity defined in the address field only.

If you are not the intended recipient or have received the message in error, please notify the sender and remove the message from your system immediately.

Sharing the information in the message or the attachments with the 3rd parties may cause legal rules and penalties to apply.

T.C. Nevşehir Hacı Bektaş Veli University has no responsibility on the submission of this message and the attachments.*

EK-6: Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği

Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği

Değerli öğrenciler, elinizdeki bu ölçek sizlerin sosyal bilgiler dersine yönelik tutumunuzu incelemeyi amaçlayan bilimsel bir çalışma için hazırlanmıştır. Bu form tek bölümden oluşmaktadır ve yaklaşık 10 dakikada yanıtlanmaktadır. Ölçekte yer alan sorulara içtenlikle yanıt vermeniz araştırma için önemlidir. Lütfen boş madde bırakmayınız. Araştırmaya katıldığınız ve bu ölçeği doldurduğunuz için sizlere teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Öğrencisi Emre Ekserin

		Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
1	Sosyal Bilgiler dersinin gelmesini sabırsızlıkla beklerim.					
2	Sosyal Bilgiler dersinde öğretmenimin işleyeceği konuyu merak ederim.					
3	Sosyal Bilgiler dersinde zaman geçmek bilmiyorum.					
4	Sosyal Bilgiler dersinde işlenen konuları zevkle dinliyorum.					
5	Sosyal Bilgiler ders saatinin daha çok olmasını isterdim.					
6	Sosyal Bilgiler dersinde verilen ödevleri yapmak içimden gelmiyor.					
7	Sosyal Bilgiler dersinde bize öğretilenlerden her zaman yararlanacağımı düşünüyorum.					
8	Sosyal Bilgiler dersinde diğer derslere göre daha çok eğleniyorum.					
9	Sosyal Bilgiler dersi bittiğinde kendimi rahatlamış hissediyorum.					
10	Sosyal Bilgiler dersinde verilen ödevleri zorla yapıyorum.					
11	Sosyal Bilgiler dersinin hiç olmamasını isterdim.					
12	Sosyal Bilgiler dersinin ödevini diğer dersin ödevlerinden önce yapmak isterim.					
13	Sosyal Bilgiler dersinde her zaman başarılı olacağımı düşünüyorum.					
14	Sosyal Bilgiler dersi diğer derslere göre çok anlamsız geliyor.					
15	Sosyal Bilgiler dersi içerisindeki tarihi konular her zaman ilgimi çekmektedir.					
16	Sosyal Bilgiler dersindeki tarihi konular işlenirken uykum geliyor.					
17	Sosyal Bilgiler dersinde tarihi konular hiç olmasaydı daha güzel olurdu.					
18	Sosyal Bilgiler dersindeki coğrafi konular işlenirken uykum geliyor.					
19	Sosyal Bilgiler dersindeki coğrafi konular hiç olmasa daha güzel olurdu.					
20	Sosyal Bilgiler dersinin diğer derslerden daha önemli olduğunu düşünüyorum.					
21	Sosyal Bilgiler sınavından alacağım not umurumda olmaz.					
22	Sosyal Bilgiler dersi sorumlu bir vatandaş olmama katkı sağlıyor.					
23	Sosyal Bilgiler sınavına çalışmaktan keyif alırım.					
24	Sosyal Bilgiler dersindeki konuların seviyeme ağır olduğunu düşünüyorum.					
25	Sosyal Bilgilerde öğrendiğim bilgileri diğer derslerde de kullanabilirim.					

EK-6: (Devam) Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği

26	Sosyal Bilgiler dersinde öğrendiğim bilgiler günlük hayatta hiçbir işime yaramayacak.					
27	Sosyal Bilgiler dersinde öğrendiklerimi sadece sınavda kullanacağımı düşünüyorum.					
28	Sosyal Bilgiler dersinde öğrendiğim bilgilerle hayatın her alanında karşılaşıyorum.					
29	Sosyal Bilgiler dersinin bizi gerçek hayata hazırladığını düşünüyorum.					



EK-7: Sosyal Bilgiler Dersi Tutum Ölçeği İçin Alınan Uygulama İzni**Sosyal Bilgiler Dersine Yönelik Tutum Ölçeği Kullanım İzni**

1 ileti

24 Ağu 2021 Sal, 18:23

Merhaba Emre Ekserin, etik kurallar çerçevesinde elbette kullanabilirsiniz. çalışmanızda kolaylıklar diliyorum.

**Sosyal Bilgiler Dersine Yönelik Tutum Ölçeği Kullanım İzni**

1 ileti

14 Eyl 2021 Sal, 12:47

Merhaba hocam,
Araştırmanızda geliştirdiğimiz ölçeği kullanabilirsiniz.
İyi çalışmalar

EK-8: İlkçağ Uygarlıkları Konusu Başarı Testi

1. Tarihi çağların başlangıcı olarak kabul edilen olay aşağıdakilerden hangisidir?

A) Tekerleğin icadı
B) Paranın icadı
C) Kütüphanenin kurulması
D) Yazının icadı

2. – Başkentleri Gordion'dur.
– Temel geçim kaynakları tarım ve hayvancılıktır.
– Kral Midas Tümülüsü ve Kral Midas Anıtı günümüze ulaşmış eserleridir.

Yukarıda bazı özellikleri verilen uygarlık aşağıdaki seçeneklerden hangisindedir?

A) Frigler
B) Urartular
C) Hititler
D) İyonlar

3. Aşağıdaki seçeneklerin hangisinde dünyanın bilinen en eski yerleşim yerlerinden biri ve dünyanın bilinen en eski ibadet merkezlerinden biri doğru olarak verilmiştir?

Yerleşim Yeri	İbadet Merkezi
A) Göbeklitepe	Çatalhöyük
B) Hattuşaş	Alacahöyük
C) Çatalhöyük	Göbeklitepe
D) Alacahöyük	Hattuşaş

4. "Ticari gelirlerimizi arttırmak için Kral Yolu'nu inşa ettik." cümlesini kuran bir kişi hangi uygarlık zamanında yaşamıştır?

A) İyonlar
B) Lidyalılar
C) Hititler
D) Asurlar

5. Tarihi çağların başlamasına öncülük eden uygarlık aşağıdakilerden hangisidir?

A) İyonlar
B) Asurlar
C) Sümerler
D) Hititler

6. Ben Babil Kralı Hammurabi. Sümer kanunlarını düzenleyerek, kısaca kısas esasına dayalı olan Mezopotamya'nın en gelişmiş yasalarını hazırladım. Böylece ülkemin tamamını denetleyebildim.

Yukarıda verilen bilgiye göre Hammurabi'nin katı kurallara sahip yasalar oluşturmalarının nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

A) Orduyu güçlendirmek
B) Ticareti geliştirmek
C) Merkezi otoriteyi sağlamak
D) Tarımsal üretimi arttırmak

7. I. Elverişli iklim koşullarına sahip olmaları
II. Su kaynaklarına yakın verimli topraklara sahip olmaları
III. Önemli ticaret yollarının güzergâhında bulunmaları

Yukarıda verilen özelliklerden hangileri hem Anadolu'da hem de Mezopotamya'da birçok medeniyet kurulmasının ortak nedenidir?

A) I ve II
B) I ve III
C) II ve III
D) I, II ve III

8. Tarihte bilinen ilk kütüphaneyi aşağıdaki uygarlıklardan hangisi kurmuştur?

A) İyonlar
B) Lidyalılar
C) Asurlar
D) Sümerler

9. I. Ay ve Güneş tutulmalarını hesapladılar.
II. Ay yılı esasına dayalı takvimi icat ettiler.
III. Tekerleği icat ettiler.

Yukarıda bazı özellikleri verilen uygarlık aşağıdaki seçeneklerden hangisindedir?

A) İyonlar
B) Hititler
C) Asurlar
D) Sümerler

EK-8: (Devam) İlkçağ Uygarlıkları Konusu Başarı Testi

10. Lidyalıların parayı icat etmesiyle;

- I. Ticaretteki zorluklar aşılmıştır.
- II. Tüm uygarlıkların temel geçim kaynağı ticaret olmuştur.
- III. Ticaretin gelişmesine katkı sağlamıştır.

Yukarıdaki durumlardan hangileri gerçekleşmiştir?

- A) I ve II
- B) I ve III
- C) II ve III
- D) I, II ve III

11. Anadolu'da tarihi çağların başlamasını sağlayan uygarlık aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Sümerler
- B) İyonlar
- C) Asurlar
- D) Urartular

12. I. Sard
II. Ninova
III. Hattuşaş

Yukarıda verilen şehirlerden hangileri Anadolu'daki uygarlıklara başkentlik yapmıştır?

- A) I ve II
- B) I ve III
- C) II ve III
- D) I, II ve III

13. Urartular ölülerini, oda ve ev şeklinde tasarladıkları kaya mezarların içine günlük eşyalarıyla birlikte gömmüşlerdir.

Bu bilgiye göre Urartularla ilgili hangi sonuca varılabilir?

- A) Çok tanrılı din yapısına sahip oldukları
- B) Madencilik alanında ilerledikleri
- C) Zengin bir uygarlık oldukları
- D) Ölümden sonra yaşamın devam ettiğine inandıkları

14. – Soylulardan oluşan "Pankuş" adında bir meclis kurmuşlardır.

- Mısırlılar ile dünyanın ilk yazılı antlaşmasını imzalamışlardır.
- Aslanlı Kapı ve İvriz Kabartmaları günümüze ulaşmış eserleridir.

Yukarıda bazı özellikleri verilen uygarlık aşağıdaki seçeneklerden hangisindedir?

- A) İyonlar
- B) Hititler
- C) Lidyalılar
- D) Frigler

15. Aşağıdakilerden hangisi İlk Çağ Mezopotamya Uygarlıklarından biri değildir?

- A) Asurlar
- B) Babiller
- C) Sümerler
- D) Urartular

16. – Diğer Anadolu Uygarlıklarından farklı olarak deniz ticaretiyle uğraşmışlardır.

- Latin alfabesinin oluşumuna katkıda bulunmuşlardır.
- Artemis Tapınağı, Efes Antik Kenti ve Celsus Kütüphanesi günümüze ulaşmış eserleridir.

Yukarıda bazı özellikleri verilen uygarlık aşağıdaki seçeneklerden hangisindedir?

- A) İyonlar
- B) Lidyalılar
- C) Frigler
- D) Hititler

17. Aşağıdakilerden hangisi zigguratların kullanım amaçlarından biri değildir?

- A) Gözlemevi
- B) Depo
- C) Sığınak
- D) Okul

EK-8: (Devam) İlkçağ Uygarlıkları Konusu Başarı Testi

18. – Başkente İhtar Kapısından girilirdi.
– Başkentte, Kule ve Asma Bahçeler gibi mimari yapılar bulunurdu.

Yukarıda bazı özellikleri verilen uygarlık aşağıdaki seçeneklerden hangisindedir?

- A) Babiller
- B) Asurlar
- C) Urartular
- D) Frigler

19. Hitit kralları, askeri ve dini yetkilere sahipti. Krallar, tanrılara hesap vermek amacıyla önemli gördükleri olayları “anal” adı verilen yıllıklara yazdırırlardı. “Tavananna” adı verilen kraliçeler, yönetimde krallara yardımcı olurlardı.

Yukarıda verilen bilgilere göre Hitit Uygarlığı ile ilgili aşağıdakilerden hangisi söylenemez?

- A) Tarih yazıcılığını başlatmışlardır.
- B) Tek tanrılı inanç sistemleri vardır.
- C) Kadınlar devlet yönetiminde yer almışlardır.
- D) Devlet yönetiminde dini kuralları uygulamışlardır.

20. I. Babil
II. Ninova
III. Tuşpa

Yukarıda verilen şehirlerden hangileri Mezopotamya’daki uygarlıklara başkentlik yapmıştır?

- A) I ve II
- B) I ve III
- C) II ve III
- D) I, II ve III

21. Temel geçim kaynağı ticaret olan ve bu yüzden Anadolu’da bir ticaret merkezi kuran uygarlık aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Sümerler
- B) Babiller
- C) Urartular
- D) Asurlar

22. Frigler; altın, gümüş ve bronz gibi hammaddeler kullanarak fibulayı icat etmişler, evlerinin tabanlarını renkli taşlarla süslemişler, ürettikleri kilim ve mobilyaları pazarlarda satmışlardır.

Yukarıda verilen bilgilere göre Friglerin aşağıdakilerden hangisiyle uğraştıkları söylenemez?

- A) Ağaç işçiliği
- B) Dokumacılık
- C) Maden işçiliği
- D) Askerlik

23. Aşağıdakilerden hangisi İlk Çağ Anadolu Uygarlıklarından biri değildir?

- A) Urartular
- B) Frigler
- C) Asurlar
- D) Lidyalılar

24. – İnşa ettikleri kanallarla şehirlerine ve tarım alanlarına su getirmişlerdir.
– Tarım, hayvancılık ve madencilikle uğraşmışlardır.
– Van Kalesi günümüze ulaşmış eseridir.

Yukarıda bazı özellikleri verilen uygarlık aşağıdaki seçeneklerden hangisindedir?

- A) Asurlar
- B) Frigler
- C) Hititler
- D) Urartular

25. I. İyonlar
II. Lidyalılar
III. Sümerler

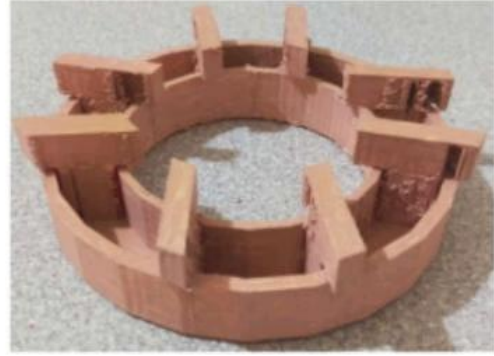
Yukarıda verilen uygarlıklardan hangileri şehir devletleri halinde varlık göstermişlerdir?

- A) I ve II
- B) I ve III
- C) II ve III
- D) I, II ve III

EK-9: Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilen Öğretim Materyalleri



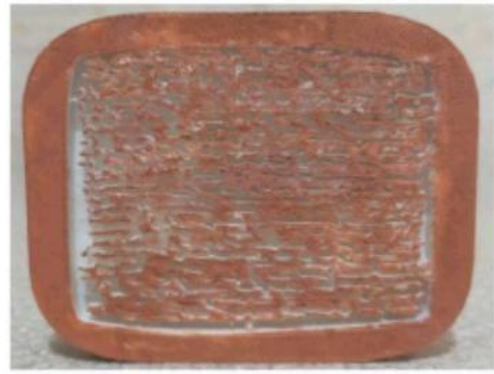
1. Çatalhöyük



2. Göbeklitepe



3. Pankuş Meclisi



4. Kadeş Antlaşması ve Anal

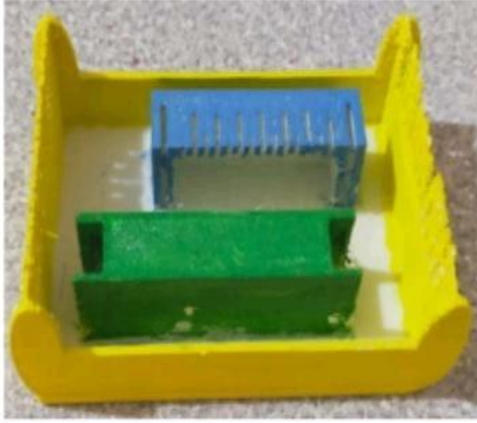


5. Aslanlı Kapı



6. İvriz Kabartmaları ve Asur Kabartması

EK-9: (Devam) Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilen Öğretim Materyalleri



7. Dokuma Tezgahı



8. Fibula



9. Kral Midas Tümülüsü



10. Kral Midas Anıtı



11. İyon Şehir Devleti



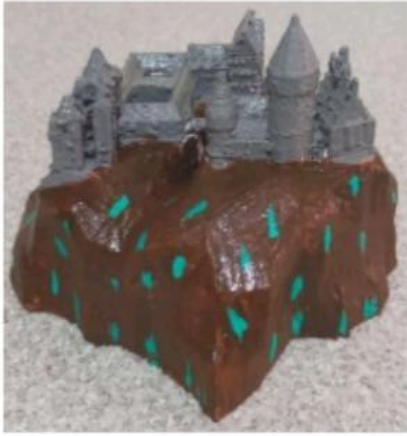
12. Artemis Tapınağı

EK-9: (Devam) Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilen Öğretim Materyalleri

13. Efes Antik Kenti



14. Celsus Kütüphanesi



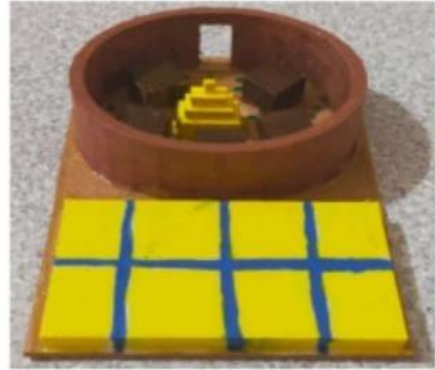
15. Van Kalesi



16. Kaya Mezarlar



17. Lidya Madeni Para



18. Sümer Şehir Devleti

EK-9: (Devam) Üç Boyutlu Yazıcı Vasıtasıyla Üretilen Öğretim Materyalleri



19. Sümer Çivi Yazısı



20. Ziggurat



21. Tekerlek



22. İhtar Kapısı



23. Babil'in Asma Bahçeleri



24. Hammurabi Kanunları



25. Babil Kulesi

EK-10: Deney Grubu 1. Hafta Ders Planı

2022/2023 EĞİTİM-ÖĞRETİM YILI AHTERİ İMAM HATİP ORTAOKULU 5. SINIFLAR SOSYAL BİLGİLER DERSİ GÜNLÜK DERS PLANI

1. BÖLÜM	
DERS	Sosyal Bilgiler
SINIF	5. Sınıf
ÖĞRENME ALANI	Kültür ve Miras
KONU	Uygarlıkları Tanıyoruz
SÜRE	40' + 40' + 40' = 120'
TARİH	17 – 21 Ekim 2022
2. BÖLÜM	
Kazanımlar	SB.5.2.1. Somut kalıntılarından yola çıkarak Anadolu ve Mezopotamya uygarlıklarının insanlık tarihine önemli katkılarını fark eder.
Değerler ve Beceriler	Estetik ve kültürel mirasa duyarlılık değerleri. Türkçeyi doğru, güzel ve etkili kullanma ile araştırma becerileri.
Yöntem ve Teknikler	Anlatım, soru-cevap, beyin fırtınası, inceleme, tartışma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri – Araç, Gereçler ve Kaynakça	Ders kitabı, akıllı tahta, sunu, üç boyutlu materyaller
Öğretme – Öğrenme Etkinlikleri:	Sınıf selamlandıktan sonra öğrencilere “Günümüzden binlerce yıl önce dünyada ve ülkemizde hangi uygarlıklar yaşamış olabilir? Teknolojiden yoksun olan bu uygarlıkların uğraşları ne olmuş olabilir? Bu uygarlıklardan günümüze alet, eşya, yapı vb. eserler kalmış olabilir mi? Günümüzde var olan hangi alet, eşya, yapı vb. eserler bu uygarlıklardan kalmış olabilir? Bu uygarlıkların günümüz dünyasına ne gibi katkıları olmuş olabilir? Hiç düşündünüz mü?” soruları yöneltilerek öğrencilerin dikkati çekilir. Günümüzden binlerce yıl önce dünyanın çeşitli bölgelerinde, ülkemizde ve hatta içinde yaşadığımız şehrimizde önemli uygarlıklar kurulduğu, bu uygarlıkların birbirinden farklı özelliklere sahip olduğu ve hepsinin de geliştirdiği buluşlarla günümüz medeniyetine katkıda bulundukları aktarılır. Öğrencilere, girecekleri sınav sorularında yer alacağı ve sonraki sınıf düzeylerinde de anlatılmaya devam edileceği için bu konunun öğretileceği söylenir. Konu bittğinde, öğrencilerin Anadolu’da ve Mezopotamya’da hangi uygarlıkların yaşadığını, bu uygarlıkların sahip oldukları özellikleri, geliştirdikleri buluşları, bu uygarlıklardan günümüze kadar ulaşan eserleri öğrenecekleri ve bu uygarlıkların insanlığa sağladığı katkılarının farkına varacakları söylenir. Bu bilgileri müze ziyareti gibi kültürel etkinliklerde ve günlük yaşamda kullanabilecekleri belirtilir. Öğrencilere konuya giriş yapılacağı söylenir ve kitaptan konuyla ilgili kısmın sayfasını açmaları istenir. Bu konunun üç boyutlu materyaller kullanılarak anlatılacağı belirtilir. 34. sayfada yer alan soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Daha sonra aynı sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. 34. sayfada yer alan tarih şeridi üzerinde, zamanın çağlara ayrılması anlatılır. Zaman, insanların araştırmasını ve öğrenmesini kolaylaştırmak için çağlara ayrılmıştır. “Çağ” önemli bir olayla başlayıp önemli bir olayla biten tarihteki en uzun zaman dilimidir. Bu ayırım, yazının icadı temele alınarak yapılmıştır. Yazının icadından önceki dönemler “tarih öncesi çağlar”, yazının icadından sonraki dönemler ise “tarihi çağlar” olarak adlandırılmıştır. Hz. İsa’nın doğumu başlangıç yılı olarak kabul edilmiş, bu tarihten önceki yıllar “milattan önce” sonraki yıllar ise “milattan sonra” olarak adlandırılmıştır.

EK-10: (Devam) Deney Grubu 1. Hafta Ders Planı

	Anadolu Uygarlıkları "Anadolu neresidir? Burada hangi uygarlıklar kurulmuştur? İnsanlar neden buraya yerleşmeyi tercih etmiş olabilirler?" soruları öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Öğrencilerin 35. sayfada yer alan Anadolu Uygarlıkları haritasını incelemeleri istenir. Daha sonra aynı sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Anadolu; Asya ve Avrupa kıtaları arasında yer alan, günümüzde Türkiye topraklarının büyük bir kısmının olduğu bölgedir. İklim şartları, yeryüzü şekilleri, su kaynaklarına yakın bereketli topraklara sahip olması, önemli ticaret yollarının üzerinde bulunması ve tarım ve hayvancılık faaliyetlerine elverişli bir bölge olmasından dolayı insanlar tarihin ilk dönemlerinden beri buraya yerleşmeyi tercih etmişlerdir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Çatalhöyük" ve "Göbeklitepe" materyalleri öğrencilere gösterilir. Bu özelliklerinden dolayı dünyanın bilinen en eski yerleşim yerlerinden olan Çatalhöyük ve dünyanın bilinen en eski ibadet merkezlerinden biri olan Göbeklitepe, Anadolu'da bulunur. Öğrencilerin 35 ve 36. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. 36. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Ardından okuma parçası sonunda yer alan soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Son olarak Anadolu'da kurulan devletlerin Hititler, Frigler, İyonlar, Urartular ve Lidyalılar olduğu belirtilerek bu devletler hakkında bilgiler verilir. Hititler 36 ve 37. sayfada yer alan okuma parçaları bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçaları bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Anadolu'nun en güçlü devletidir. Merkezi krallıkla yönetilmişler ve Hattuşaş'ı başkent yapmışlardır. Krallara yönetimde "Tavananna" isimli kraliçeler yardımcı olmuştur. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Pankuş Meclisi" materyali öğrencilere gösterilir. Soylulardan oluşan "Pankuş" meclisini kurmuşlardır. Mısırlılarla savaşmışlardır. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Kadeş Antlaşması" materyali öğrencilere gösterilir. Bu savaş sonucunda tarihin bilinen ilk yazılı antlaşması olan Kadeş Antlaşmasını imzalamışlardır. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Anal" materyali öğrencilere gösterilir. Önemli gördükleri olayları anal adını verdikleri yıllıklara kaydetmişlerdir. Anallar tarih yazıcılığının ilk örnekleridir. Barajlar kurmuşlardır. Başkentleri Hattuşaş'a tapınaklar inşa etmişler, şehirlerinin etrafını surlarla çevirmişlerdir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Aslanlı Kapı" ve "İvriz Kabartmaları" materyalleri öğrencilere gösterilir. Aslanlı Kapı ve İvriz Kabartmaları Hititlerden günümüze ulaşan en önemli eserlerdir. Öğrencilerin 36 ve 37. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Frigler 37. sayfada yer alan okuma parçaları bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçaları bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Gordios tarafından kurulmuştur. Başkentleri bugünkü Ankara şehri olan Gordion'dur. En parlak dönemlerini Kral Midas zamanında yaşamışlardır. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Dokuma Tezgâhı" materyali öğrencilere gösterilir. Tarım, hayvancılık, madencilik, dokumacılık ve mobilyacılıkta gelişmişlerdir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Fibula" materyali öğrencilere gösterilir. Fibula denilen çengelli iğneyi icat etmişlerdir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Kral Midas Tümlüsü" ve "Kral Midas Anıtı" materyalleri öğrencilere gösterilir. Friglerden günümüze ulaşan en önemli eserler Kral Midas Tümlüsü ve Kral Midas Anıtı'dır. Öğrencilerin 37. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir.
--	--

EK-10: (Devam) Deney Grubu 1. Hafta Ders Planı

	İyonlar 38. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Ege Denizi kıyılarında kurulmuştur. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "İyon Şehir Devleti" materyali öğrencilere gösterilir. Çok sayıda şehir kurmuşlar ve bu yüzden şehir devletleri halinde yaşamışlardır. En bilinen şehir devletleri; Efes, Milet, Foça ve İzmir'dir. Bu devletlere "Polis" adını vermişlerdir. Deniz kıyısında yaşadıkları için deniz ticaretinde gelişmişlerdir. Bilim ve sanat alanında ilerleyerek özgür düşünce ve bilimin gelişiminde önemli rol oynamışlardır. Tıp, matematik, tarih ve felsefe biliminin kurucularını yetiştirmişlerdir. Fenikelilerden alfabeyi alıp geliştirerek bugün kullandığımız Latin alfabesinin temelini atmışlardır. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Celsus Kütüphanesi", "Efes Antik Kenti" ve "Artemis Tapınağı" materyalleri öğrencilere gösterilir. Celsus Kütüphanesi, Artemis Tapınağı ve Efes Antik Kenti, İyonlardan günümüze ulaşan en önemli eserlerdir. Öğrencilerin 38. sayfada yer alan görseli incelemeleri istenir. Urartular 38 ve 39. sayfada yer alan okuma parçaları bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçaları bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Doğu Anadolu'da güçlü bir devlet kurmuşlardır. Başkentleri bugünkü Van şehri olan Tuşpa'dır. Tarım, hayvancılık ve madencilikle ilgilenmişlerdir. Mimari alanda ilerlemişler ve şehirlerini surlarla çevirmişlerdir. Akarsuların ölerine bentler çekerek biriken suyu kanallar yoluyla şehirlere ve tarım arazilerine yönlendirmişlerdir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Van Kalesi" materyali öğrencilere gösterilir. Urartulardan günümüze kadar ulaşan eserlerden biri Van Kalesi'dir. Öğrencilerin 38. sayfada yer alan görseli incelemeleri istenir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Kaya Mezarları" materyali öğrencilere gösterilir. Urartular taş işlemeciliğinde ilerlemişler ve ölümlerini kaya mezarları gündelik eşyalarıyla birlikte gömmüşlerdir. Bu durum, Urartularda ahiret inancının olduğunu gösterir. Dersin başından itibaren anlatılanlar, kısa bir özetle tekrar edilerek konu anlatımı bitirilir. Zaman, yazının icadı temele alınarak çağlara ayrılmıştır. Yazının icadından önceki dönemler "tarih öncesi çağlar", yazının icadından sonraki dönemler ise "tarihi çağlar" olarak adlandırılmıştır. Hz. İsa'nın doğumu başlangıç yılı olarak kabul edilmiş, bu tarihten önceki yıllara "milattan önce" sonraki yıllara ise "milattan sonra" denilmiştir. Anadolu; elverişli iklim şartlarına, tarım ve hayvancılık faaliyetlerine uygun yeryüzü şekillerine, su kaynaklarına yakın bereketli topraklara sahip olduğu ve önemli ticaret yollarının üzerinde bulunduğu için insanlar bu bölgeye yerleşmeyi tercih etmişler ve burada birçok uygarlık kurmuşlardır. Dünyanın bilinen en eski yerleşim yerlerinden olan Çatalhöyük ve dünyanın bilinen en eski ibadet merkezlerinden biri olan Göbeklitepe, Anadolu'da bulunmaktadır. Bu bölgede kurulan devletler; Hititler, Frigler, İyonlar, Urartular ve Lidyalılardır. Hititler; soylulardan oluşan "Pankuş" meclisini kurmuşlardır. "Tavananna" isimli kraliçeler devlet yönetiminde krallara yardımcı olmuşlardır. Mısırlarla yaptıkları savaş sonucunda tarihin ilk yazılı antlaşması olan Kadeş Antlaşmasını imzalamışlardır. Önemli gördükleri olayları anal adını verdikleri yıllıklara kaydetmişlerdir. Başkentleri Hattuşaş'a barajlar ve tapınaklar inşa etmişler ve şehirlerinin etrafını surlarla çevirmişlerdir. Aslanlı Kapı ve İvriz Kabartmaları Hititlerden günümüze ulaşan en önemli eserlerdir. Frigler; Gordios tarafından kurulmuştur. Bugünkü Ankara şehri olan Gordion'da yaşamışlardır. Tarım, hayvancılık, madencilik, dokumacılık ve mobilyacılıkta gelişmişlerdir. En parlak dönemlerini Kral Midas zamanında yaşamışlardır. Fibulayı icat etmişlerdir. Friglerden günümüze ulaşan en önemli eserler Kral Midas Tümülüsü ve Kral Midas Anıtı'dır. İyonlar; Ege Denizi kıyısında şehir devletleri halinde yaşamışlardır. Deniz ticaretinde gelişmişlerdir. Özgür düşünce ve bilimin gelişmesinde önemli rol oynamışlardır. Tıp, matematik, tarih ve felsefe biliminin
--	---

EK-10: (Devam) Deney Grubu 1. Hafta Ders Planı

	kurucularını yetiştirmişlerdir. Latin alfabesinin temelini atmışlardır. Celsus Kütüphanesi, Artemis Tapınağı ve Efes Antik Kenti, İyonlardan günümüze ulaşan en önemli eserlerdir. Urartular, bugünkü Van şehri olan Tuşpa'da yaşamışlardır. Tarım, hayvancılık ve madencilikle ilgilenmişlerdir. Mimari alanda ilerlemişler ve şehirlerini surlarla çevirmişlerdir. Su kanalları inşa etmişler ve barajlar kurmuşlardır. Urartulardan günümüze kadar ulaşan eserlerden biri Van Kalesi'dir. Urartular taş işlemeciliğinde ilerlemişler ve ölümlerini kaya mezarlara gündelik eşyalarıyla birlikte gömmüşlerdir. Dersin başından itibaren anlatılan konular, kısa bir özetle tekrar edildikten sonra değerlendirme amacıyla öğrencilere sorular yöneltilir. Öğrencilere, bir sonraki derste son Anadolu uygarlıklarından olan Lidya ve Mezopotamya uygarlıklarından olan Sümer, Babil ve Asur uygarlıklarının öğretileceği söylenerek ders sonlandırılır.
3. BÖLÜM	
Ölçme – Değerlendirme Öğrencilerden geri dönüt almak için bireysel ya da grup etkinlikleri kapsamında çeşitli sorular sorulabilir. EBA etkinlikleri ve Kazanım Testlerinden yararlanılabilir.	1-Anadolu neresidir? Anadolu'da kurulan uygarlıkları sayınız. 2-İnsanlar uygarlık kurmak için neden Anadolu'yu tercih etmişlerdir? 3-Anadolu'da bulunan dünyanın bilinen en eski yerleşim yerlerinden biri ve dünyanın bilinen en eski ibadet merkezlerinden biri neresidir? 4-Hititlerin insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 5-Dünyanın ilk yazılı antlaşmasını imzalayan Anadolu uygarlığı hangisidir? 6-Friglerin insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 7-Fibulayı hangi uygarlık icat etmiştir? 8-İyonların insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 9-Latin alfabesinin temellerini hangi uygarlık atmıştır? 10-Tıp, matematik, tarih ve felsefe bilimlerinin kurucularını hangi uygarlık yetiştirmiştir? 11-Urartuların insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız.
Dersin Diğer Derslerle İlişkisi	Öğrencilere konuyla ilgili okuma parçaları okutulur. kelimelerin telaffuzu konusunda Türkçe dersiyle, öğrendikleri temel kavramların İngilizce karşılıkları öğretilerek İngilizce dersiyle ve yapılan icatların resimleri çizdirilerek Resim dersiyle işbirliği yapılabilir.
4. BÖLÜM	
Planın Uygulanmasına İlişkin Açıklamalar:	

*Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu'nun 19.01.2018 tarihli ve 12 sayılı Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu (5-7. Sınıflar) Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programına uygun olarak hazırlanmıştır.

Sosyal Bilgiler Öğretmeni
Emre EKSERİN

Okul Müdürü
Ahmet ŞENER

EK-10: (Devam) Kontrol Grubu 1. Hafta Ders Planı

2022/2023 EĞİTİM-ÖĞRETİM YILI AHTERİ İMAM HATİP ORTAOKULU 5. SINIFLAR SOSYAL BİLGİLER DERSİ GÜNLÜK DERS PLANI	
1. BÖLÜM	
DERS	Sosyal Bilgiler
SINIF	5. Sınıf
ÖĞRENME ALANI	Kültür ve Miras
KONU	Uygarlıkları Tanıyoruz
SÜRE	40' + 40' + 40' = 120'
TARİH	17- 21 Ekim 2022
2. BÖLÜM	
Kazanımlar	SB.5.2.1. Somut kalıntılarından yola çıkarak Anadolu ve Mezopotamya uygarlıklarının insanlık tarihine önemli katkılarını fark eder.
Değerler ve Beceriler	Estetik ve kültürel mirasa duyarlılık değerleri. Türkçeyi doğru, güzel ve etkili kullanma ile araştırma becerileri.
Yöntem ve Teknikler	Anlatım, soru-cevap, beyin fırtınası, inceleme, tartışma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri – Araç, Gereçler ve Kaynakça	Ders kitabı, akıllı tahta, sunu
Öğretme – Öğrenme Etkinlikleri:	Sınıf selamlandıktan sonra öğrencilere “Günümüzden binlerce yıl önce dünyada ve ülkemizde hangi uygarlıklar yaşamış olabilir? Teknolojiden yoksun olan bu uygarlıkların uğraşları ne olmuş olabilir? Bu uygarlıklardan günümüze alet, eşya, yapı vb. eserler kalmış olabilir mi? Günümüzde var olan hangi alet, eşya, yapı vb. eserler bu uygarlıklardan kalmış olabilir? Bu uygarlıkların günümüz dünyasına ne gibi katkıları olmuş olabilir? Hiç düşündünüz mü?” soruları yöneltilerek öğrencilerin dikkati çekilir. Günümüzden binlerce yıl önce dünyanın çeşitli bölgelerinde, ülkemizde ve hatta içinde yaşadığımız şehrimizde önemli uygarlıkların kurulduğu, bu uygarlıkların birbirinden farklı özelliklere sahip olduğu ve hepsinin de geliştirdiği buluşlarla günümüz medeniyetine katkıda bulundukları aktarılır. Öğrencilere, girecekleri sınav sorularında yer alacağı ve sonraki sınıf düzeylerinde de anlatılmaya devam edileceği için bu konunun öğretileceği söylenir. Konu bittiğinde, öğrencilerin Anadolu’da ve Mezopotamya’da hangi uygarlıkların yaşadığını, bu uygarlıkların sahip oldukları özellikleri, geliştirdikleri buluşları, bu uygarlıklardan günümüze kadar ulaşan eserleri öğrenecekleri ve bu uygarlıkların insanlığa sağladığı katkıların farkına varacakları söylenir. Bu bilgileri müze ziyareti gibi kültürel etkinliklerde ve günlük yaşamda kullanabilecekleri belirtilir. Öğrencilere konuya giriş yapılacağı söylenir ve kitaptan konuyla ilgili kısmın sayfasını açmaları istenir. 34. sayfada yer alan soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Daha sonra aynı sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. 34. sayfada yer alan tarih şeridi üzerinde, zamanın çağlara ayrılması anlatılır. Zaman, insanların araştırmasını ve öğrenmesini kolaylaştırmak için çağlara ayrılmıştır. “Çağ” önemli bir olayla başlayıp önemli bir olayla biten tarihteki en uzun zaman dilimidir. Bu ayrımı, yazının icadı temele alınarak yapılmıştır. Yazının icadından önceki dönemler “tarih öncesi çağlar”, yazının icadından sonraki dönemler ise “tarihi çağlar” olarak adlandırılmıştır. Hz. İsa’nın doğumu başlangıç yılı olarak kabul edilmiş, bu tarihten önceki yıllar “milattan önce” sonraki yıllar ise “milattan sonra” olarak adlandırılmıştır.

EK-10: (Devam) Kontrol Grubu 1. Hafta Ders Planı

	Anadolu Uygarlıkları "Anadolu neresidir? Burada hangi uygarlıklar kurulmuştur? İnsanlar neden buraya yerleşmeyi tercih etmiş olabilirler?" soruları öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Öğrencilerin 35. sayfada yer alan Anadolu Uygarlıkları haritasını incelemeleri istenir. Daha sonra aynı sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Anadolu; Asya ve Avrupa kıtaları arasında yer alan, günümüzde Türkiye topraklarının büyük bir kısmının olduğu bölgedir. İklim şartları, yeryüzü şekilleri, su kaynaklarına yakın bereketli topraklara sahip olması, önemli ticaret yollarının üzerinde bulunması ve tarım ve hayvancılık faaliyetlerine elverişli bir bölge olmasından dolayı insanlar tarihin ilk dönemlerinden beri buraya yerleşmeyi tercih etmişlerdir. Bu özelliklerinden dolayı dünyanın bilinen en eski yerleşim yerlerinden olan Çatalhöyük ve dünyanın bilinen en eski ibadet merkezlerinden biri olan Göbeklitepe, Anadolu'da bulunur. Öğrencilerin 35 ve 36. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. 36. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Ardından okuma parçası sonunda yer alan soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Son olarak Anadolu'da kurulan devletlerin Hititler, Frigler, İyonlar, Urartular ve Lidyalılar olduğu belirtilerek bu devletler hakkında bilgiler verilir. Hititler 36 ve 37. sayfada yer alan okuma parçaları bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçaları bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Anadolu'nun en güçlü devletidir. Merkezi krallıkta yönetilmişler ve Hattuşaş'ı başkent yapmışlardır. Krallara yönetiminde "Tavananna" isimli kraliçeler yardımcı olmuştur. Soylulardan oluşan "Pankuş" meclisini kurmuşlardır. Mısırlılarla savaşmışlardır. Bu savaş sonucunda tarihin bilinen ilk yazılı antlaşması olan Kadeş Antlaşmasını imzalamışlardır. Önemli gördükleri olayları anal adını verdikleri yıllıklara kaydetmişlerdir. Anallar tarih yazıcılığının ilk örnekleridir. Barajlar kurmuşlardır. Başkentleri Hattuşaş'a tapınaklar inşa etmişler, şehirlerinin etrafını surlarla çevirmişlerdir. Aslanlı Kapı ve İvriz Kabartmaları Hititlerden günümüze ulaşan en önemli eserlerdir. Öğrencilerin 36 ve 37. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Frigler 37. sayfada yer alan okuma parçaları bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçaları bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Gordios tarafından kurulmuştur. Başkentleri bugünkü Ankara şehri olan Gordion'dur. En parlak dönemlerini Kral Midas zamanında yaşamışlardır. Tarım, hayvancılık, madencilik, dokumacılık ve mobilyacılıkta gelişmişlerdir. Fibula denilen çengelli iğneyi icat etmişlerdir. Friglerden günümüze ulaşan en önemli eserler Kral Midas Tümlüsü ve Kral Midas Anıtı'dır. Öğrencilerin 37. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. İyonlar 38. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Ege Denizi kıyılarında kurulmuştur. Çok sayıda şehir kurmuşlar ve bu yüzden şehir devletleri halinde yaşamışlardır. En bilinen şehir devletleri; Efes, Milet, Foça ve İzmir'dir. Bu devletlere "Polis" adını vermişlerdir. Deniz kıyısında yaşadıkları için deniz ticaretinde gelişmişlerdir. Bilim ve sanat alanında ilerleyerek özgür düşünce ve bilimin gelişiminde önemli rol oynamışlardır. Tıp, matematik, tarih ve felsefe biliminin kurucularını yetiştirmişlerdir. Fenikelilerden alfabeyi alıp geliştirerek bugün
--	--

EK-10: (Devam) Kontrol Grubu 1. Hafta Ders Planı

	kullandığımız Latin alfabesinin temelini atmışlardır. Celsus Kütüphanesi, Artemis Tapınağı ve Efes Antik Kenti, İyonlardan günümüze ulaşan en önemli eserlerdir. Öğrencilerin 38. sayfada yer alan görseli incelemeleri istenir. Urartular 38 ve 39. sayfada yer alan okuma parçaları bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçaları bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Doğu Anadolu'da güçlü bir devlet kurmuşlardır. Başkentleri bugünkü Van şehri olan Tuşpa'dır. Tarım, hayvancılık ve madencilikle ilgilenmişlerdir. Mimari alanda ilerlemişler ve şehirlerini surlarla çevirmişlerdir. Akarsuların ölerine bentler çekerek biriken suyu kanallar yoluyla şehirlere ve tarım arazilerine yönlendirmişlerdir. Urartulardan günümüze kadar ulaşan eserlerden biri Van Kalesi'dir. Öğrencilerin 38. sayfada yer alan görseli incelemeleri istenir. Urartular taş işlemeciliğinde ilerlemişler ve ölümlerini kaya mezarlara gündelik eşyalarıyla birlikte gömmüşlerdir. Bu durum, Urartularda ahiret inancının olduğunu gösterir. Dersin başından itibaren anlatılanlar, kısa bir özetle tekrar edilerek konu anlatımı bitirilir. Zaman, yazının icadı temele alınarak çağlara ayrılmıştır. Yazının icadından önceki dönemler "tarih öncesi çağlar", yazının icadından sonraki dönemler ise "tarihi çağlar" olarak adlandırılmıştır. Hz. İsa'nın doğumu başlangıç yılı olarak kabul edilmiş, bu tarihten önceki yıllara "milattan önce" sonraki yıllara ise "milattan sonra" denilmiştir. Anadolu; elverişli iklim şartlarına, tarım ve hayvancılık faaliyetlerine uygun yeryüzü şekillerine, su kaynaklarına yakın bereketli topraklara sahip olduğu ve önemli ticaret yollarının üzerinde bulunduğu için insanlar bu bölgeye yerleşmeyi tercih etmişler ve burada birçok uygarlık kurmuşlardır. Dünyanın bilinen en eski yerleşim yerlerinden olan Catalhöyük ve dünyanın bilinen en eski ibadet merkezlerinden biri olan Göbeklitepe, Anadolu'da bulunmaktadır. Bu bölgede kurulan devletler; Hititler, Frigler, İyonlar, Urartular ve Lidyalılardır. Hititler; soylulardan oluşan "Pankuş" meclisini kurmuşlardır. "Tavananna" isimli kraliçeler devlet yönetiminde krallara yardımcı olmuşlardır. Mısırlarla yaptıkları savaş sonucunda tarihin ilk yazılı antlaşması olan Kadeş Antlaşmasını imzalamışlardır. Önemli gördükleri olayları anal adını verdikleri yıllıklara kaydetmişlerdir. Başkentleri Hattuşaş'a barajlar ve tapınaklar inşa etmişler ve şehirlerinin etrafını surlarla çevirmişlerdir. Aslanlı Kapı ve İvriz Kabartmaları Hititlerden günümüze ulaşan en önemli eserlerdir. Frigler; Gordios tarafından kurulmuştur. Bugünkü Ankara şehri olan Gordion'da yaşamışlardır. Tarım, hayvancılık, madencilik, dokumacılık ve mobilyacılıkta gelişmişlerdir. En parlak dönemlerini Kral Midas zamanında yaşamışlardır. Fibulayı icat etmişlerdir. Friglerden günümüze ulaşan en önemli eserler Kral Midas Tümülüsü ve Kral Midas Anıtı'dır. İyonlar; Ege Denizi kıyısında şehir devletleri halinde yaşamışlardır. Deniz ticaretinde gelişmişlerdir. Özgür düşünce ve bilimin gelişmesinde önemli rol oynamışlardır. Tıp, matematik, tarih ve felsefe biliminin kurucularını yetiştirmişlerdir. Latin alfabesinin temelini atmışlardır. Celsus Kütüphanesi, Artemis Tapınağı ve Efes Antik Kenti, İyonlardan günümüze ulaşan en önemli eserlerdir. Urartular; bugünkü Van şehri olan Tuşpa'da yaşamışlardır. Tarım, hayvancılık ve madencilikle ilgilenmişlerdir. Mimari alanda ilerlemişler ve şehirlerini surlarla çevirmişlerdir. Su kanalları inşa etmişler ve barajlar kurmuşlardır. Urartulardan günümüze kadar ulaşan eserlerden biri Van Kalesi'dir. Urartular taş işlemeciliğinde ilerlemişler ve ölümlerini kaya mezarlara gündelik eşyalarıyla birlikte gömmüşlerdir. Dersin başından itibaren anlatılan konular, kısa bir özetle tekrar edildikten sonra değerlendirme amacıyla öğrencilere sorular yöneltilir. Öğrencilere, bir sonraki derste son Anadolu uygarlıklarından olan Lidya ve Mezopotamya uygarlıklarından olan Sümer, Babil ve Asur uygarlıklarının öğretileceği söylenerek ders sonlandırılır.
--	--

EK-10: (Devam) Kontrol Grubu 1. Hafta Ders Planı

3. BÖLÜM	
Ölçme – Değerlendirme Öğrencilerden geri dönüt almak için bireysel ya da grup etkinlikleri kapsamında çeşitli sorular sorulabilir. EBA etkinlikleri ve Kazanım Testlerinden yararlanılabilir.	1-Anadolu neresidir? Anadolu’da kurulan uygarlıkların sayınız. 2-İnsanlar uygarlık kurmak için neden Anadolu’yu tercih etmişlerdir? 3-Anadolu’da bulunan dünyanın bilinen en eski yerleşim yerlerinden biri ve dünyanın bilinen en eski ibadet merkezlerinden biri neresidir? 4-Hititlerin insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 5-Dünyanın ilk yazılı antlaşmasını imzalayan Anadolu uygarlığı hangisidir? 6-Friglerin insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 7-Fibulayı hangi uygarlık icat etmiştir? 8-İyonların insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 9-Latin alfabesinin temellerini hangi uygarlık atmıştır? 10-Tıp, matematik, tarih ve felsefe bilimlerinin kurucularını hangi uygarlık yetiştirmiştir? 11-Urartuların insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız.
Dersin Diğer Derslerle İlişkisi	Öğrencilere konuyla ilgili okuma parçaları okutularak kelimelerin telaffuzu konusunda Türkçe dersiyle, öğrendikleri temel kavramların İngilizce karşılıkları öğretilerek İngilizce dersiyle ve yapılan icatların resimleri çizdirilerek Resim dersiyle işbirliği yapılabilir.
4. BÖLÜM	
Planın Uygulamasına İlişkin Açıklamalar:	

*Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu’nun 19.01.2018 tarihli ve 12 sayılı Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu (5-7. Sınıflar) Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programına uygun olarak hazırlanmıştır.

Sosyal Bilgiler Öğretmeni
Emre EKSERİN

Okul Müdürü
Ahmet ŞENER

EK-10: (Devam) Deney Grubu 2. Hafta Ders Planı

2022/2023 EĞİTİM-ÖĞRETİM YILI AHTERİ İMAM HATİP ORTAOKULU 5. SINIFLAR SOSYAL BİLGİLER DERSİ GÜNLÜK DERS PLANI	
1. BÖLÜM	
DERS	Sosyal Bilgiler
SINIF	5. Sınıf
ÖĞRENME ALANI	Kültür ve Miras
KONU	Uygarlıkları Tanıyoruz
SÜRE	40' + 40' + 40' = 120'
TARİH	24 – 28 Ekim 2022
2. BÖLÜM	
Kazanımlar	SB.5.2.1. Somut kalıntılarından yola çıkarak Anadolu ve Mezopotamya uygarlıklarının insanlık tarihine önemli katkılarını fark eder.
Değerler ve Beceriler	Estetik ve kültürel mirasa duyarlılık değerleri. Türkçeyi doğru, güzel ve etkili kullanma ile araştırma becerileri.
Yöntem ve Teknikler	Anlatım, soru-cevap, beyin fırtınası, inceleme, tartışma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri – Araç, Gereçler ve Kaynakça	Ders kitabı, akıllı tahta, sunu, üç boyutlu materyaller
Öğretme – Öğrenme Etkinlikleri:	Sınıf selamlandıktan sonra bir önceki hafta anlatılan konular kısa bir özetle tekrar edilerek öğrencilere hatırlatılır. Öğrencilere konuya giriş yapılacağı söylenir ve kitaptan ilgili kısmın sayfasını açmaları istenir. Lidyahlar 39. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Ege Bölgesi'nin verimli topraklarında kurulmuştur. Başkentleri bugünkü Manisa yakınlarındaki Sard şehridir. En önemli gelir kaynakları ticarettir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Lidya Madeni Parası" materyali öğrencilere gösterilir. Parayı icat ederek takas usulü ticarete son vermişlerdir. Ticarete, Kral Yolunu kullanmışlar ve bu yol sayesinde zenginleşmişlerdir. Öğrencilerin 39. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Mezopotamya Uygarlıkları "Mezopotamya neresidir? Burada hangi uygarlıklar kurulmuştur? İnsanlar neden buraya yerleşmeyi tercih etmiş olabilirler?" soruları öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Daha sonra 39. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Fırat ve Dicle nehirleri arasında yer alan bölgeye Mezopotamya denir. Elverişli iklim şartları, su kaynaklarına yakın bereketli topraklara sahip olması ve önemli ticaret yollarının üzerinde bulunmasından dolayı insanlar buraya yerleşmeyi tercih etmişlerdir. Bu bölgede tarım yapılmış, hayvanlar evcilleştirilmiştir. Tapınaklar ve saraylar inşa edilmiş ve yazı ilk kez bu bölgede kullanılmıştır. Böylece burada eğitim, bilim ve sanatta ilerlemiş büyük devletler kurulmuştur. Bu devletler zamanla çevrelerini etkilemişlerdir. Mezopotamya'da kurulan devletler; Sümerler, Asurlar ve Babillerdir. Sümerler 40. sayfada yer alan okuma parçaları bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçaları bittikten sonra konu anlatımına geçilir.

EK-10: (Devam) Deney Grubu 2. Hafta Ders Planı

Mezopotamya'da kurulan ilk uygarlıktır. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Sümer Şehir Devleti" materyali öğrencilere gösterilir. Site adı verilen şehir devletleri halinde yaşamışlardır. Bu devletleri "Patesi" ya da "Ensi" denen krallar yönetmiştir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Sümer Çivi Yazısı" materyali öğrencilere gösterilir. İnsanlık tarihinin en önemli buluşlarından biri olan yazıyı icat etmişlerdir. Öğrencilerin 40. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Daha sonra aynı sayfada yer alan soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Ziggurat" materyali öğrencilere gösterilir. Şehirlerin tam ortasına zigguratlar inşa etmişlerdir. Bu yapıları tapınak, okul, gözlemevi ve depo olarak kullanmışlardır. Bu yapının en tepesinden gezegenleri ve yıldızları gözlemleyerek ay yılı esaslı takvimi icat etmişlerdir. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Tekerlek" materyali öğrencilere gösterilir. Tekerleği icat ederek ulaşım ve ticaretin gelişmesine katkıda bulunmuşlardır.

Babiller

41. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir.

Dünyanın en güzel şehirlerinden olan Babil şehrini kurmuşlar ve başkent yapmışlardır. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "İhtar Kapısı" materyali öğrencilere gösterilir. Babil şehrine İhtar Kapısından giriş yapıldı. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Babil Kulesi" ve "Babil'in Asma Bahçeleri" materyalleri öğrencilere gösterilir. Günümüzde dünyanın yedi harikasıdan biri olarak kabul edilen Babil'in Asma Bahçelerini ve Babil Kulesini inşa etmişlerdir. En parlak dönemlerini, Hammurabi zamanında yaşamışlardır. Üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Hammurabi Kanunları" materyali öğrencilere gösterilir. Babil Kralı Hammurabi, kendi adını verdiği Mezopotamya'nın en gelişmiş kanunlarını oluşturmuştur. Bu kanunlar kısaca kısas anlayışıyla hazırlanmıştır. Tarım ve ticaretle geçimlerini sürdüren Babiller, tıp ve astronomi alanında ilerlemişlerdir. Öğrencilerin 41. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Daha sonra aynı sayfada yer alan metin bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Metin sonunda bulunan soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir.

Asurlar

42. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir.

Başkenti Ninova'dır. Geniş topraklara yayılan bir devlet kurmuşlardır. Devletlerini yönetebilmek için gelişmiş bir orduya, donanımlı memurlara ve merkez-taşra arasındaki iletişimi sağlayabilmek için ise postacılık teşkilatına ihtiyaç duymuşlardır. Su kanalları inşa etmişler, suyun akışını düzenleyebilmek için kanalların önüne barajlar kurmuşlardır. Kütüphane inşa etmişlerdir. Asurlu tüccarlar ticaret yapmak amacıyla Anadolu'ya gelmişler ve Kayseri'de bulunan Karum Kanış'i ticaret merkezi haline getirmişlerdir. Burada bulunan tabletler Asurlara ait olup, Anadolu'da bulunan en eski yazılı eserlerdir. Bu sayede Anadolu halkına yazıyı öğretmişlerdir. Öğrencilerin 42. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Görselleri somutlaştırmak adına üç boyutlu yazıcıdan yazdırılan "Asur Kabartması" materyali öğrencilere gösterilir. Daha sonra aynı sayfada yer alan metin bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Metin sonunda bulunan sorular öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir.

Dersin başından itibaren anlatılanlar, kısa bir özetle tekrar edilerek konu anlatımı bitirilir.

Anadolu'da kurulan son devlet Lidyalılardır. Lidyalılar, Ege Bölgesinde yaşamışlardır. En önemli gelir kaynakları ticarettir. Kral Yolumu ticaret amacıyla kullanmışlar ve bu yol sayesinde zenginleşmişlerdir. Parayı icat ederek takas usulü ticarete son vermişlerdir. Mezopotamya; elverişli iklim şartlarına, tarım ve hayvancılık faaliyetlerine uygun yeryüzü şekillerine, su kaynaklarına yakın

EK-10: (Devam) Deney Grubu 2. Hafta Ders Planı

	bereketli topraklara sahip olduğu ve önemli ticaret yollarının üzerinde bulunduğu için insanlar bu bölgeye yerleşmeyi tercih etmişler ve burada birçok uygarlık kurmuşlardır. Mezopotamya'da kurulan devletler; Sümerler, Babiller ve Asurlardır. Mezopotamya'da kurulan ilk uygarlık olan Sümerler, çivi yazısını ve tekerleği icat etmişlerdir. Site adı verilen şehir devletleri şeklinde yaşamışlar, bu devletlerin tam ortasına zigguratlar inşa etmişlerdir. Bu yapıları farklı amaçlar için kullanmışlardır. Gezegenleri ve yıldızları gözlemleyerek ay yılı esaslı takvimi icat etmişlerdir. Babiller, Babil şehirini kurmuşlar ve başkent yapmışlardır. İhtar Kapısını, Babil Kulesini ve Babil'in Asma Bahçelerini inşa etmişlerdir. Babil Kralı Hammurabi, kendi adını verdiği Mezopotamya'nın en gelişmiş kanunlarını oluşturmuştur. Asurlar; gelişmiş bir ordu ve posta teşkilatı kurmuşlardır. Su kanalları ve barajlar inşa etmişler, kütüphane oluşturmuşlardır. Ticaret yapmak amacıyla Anadolu'ya gelmişler, Kayseri'de bulunan Karum Kaniş'i ticaret merkezi haline getirmişlerdir. Ticari faaliyetler sonucunda Anadolu halkına yazıyı öğretmişlerdir. Dersin başından itibaren anlatılan konular, kısa bir özetle tekrar edildikten sonra değerlendirme amacıyla öğrencilere sorular yöneltilir ve sonrasında ders sonlandırılır.
3. BÖLÜM	
Ölçme – Değerlendirme Öğrencilerden geri dönüt almak için bireysel ya da grup etkinlikleri kapsamında çeşitli sorular sorulabilir. EBA etkinlikleri ve Kazanım Testlerinden yararlanılabilir.	1- Lidyalıların insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 2- Parayı hangi uygarlık icat etmiştir? 3-Mezopotamya neresidir? Mezopotamya'da kurulan uygarlıkları sayınız. 4-İnsanlar uygarlık kurmak için neden Mezopotamya'yı tercih etmişlerdir? 5-Sümerlerin insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 6- Ziggurat hangi amaçlar için kullanılmıştır? 7- Babillerin insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 8-Dünyanın yedi harikasından biri olan yapının adı nedir ve hangi uygarlığa aittir? 9-Asurların insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 10-Anadolu'daki en eski yazılı eserler hangi uygarlığa aittir?
Dersin Diğer Derlerle İlişkisi	Öğrencilere konuyla ilgili okuma parçaları okutularak kelimelerin telaffuzu konusunda Türkçe dersiyle, öğrendikleri temel kavramların İngilizce karşılıkları öğretilerek İngilizce dersiyle ve yapılan icatların resimleri çizdirilerek Resim dersiyle işbirliği yapılabilir.
4. BÖLÜM	
Planın Uygulanmasına İlişkin Açıklamalar:	

*Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu'nun 19.01.2018 tarihli ve 12 sayılı Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu (5-7. Sınıflar) Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programına uygun olarak hazırlanmıştır.

Sosyal Bilgiler Öğretmeni
Enre EKSERİN

Okul Müdürü
Ahmet ŞENER

EK-10: (Devam) Kontrol Grubu 2. Hafta Ders Planı

2022/2023 EĞİTİM-ÖĞRETİM YILI AHTERİ İMAM HATİP ORTAOKULU 5. SINIFLAR SOSYAL BİLGİLER DERSİ GÜNLÜK DERS PLANI	
1. BÖLÜM	
DERS	Sosyal Bilgiler
SINIF	5. Sınıf
ÖĞRENME ALANI	Kültür ve Miras
KONU	Uygarılıkları Tanıyozuz
SÜRE	40' + 40' + 40' = 120'
TARİH	24 – 28 Ekim 2022
2. BÖLÜM	
Kazanımlar	SB.5.2.1. Somut kalıntılarından yola çıkarak Anadolu ve Mezopotamya uygarlıklarının insanlık tarihine önemli katkılarını fark eder.
Değerler ve Beceriler	Estetik ve kültürel mirasa duyarlılık değerleri. Türkçeyi doğru, güzel ve etkili kullanma ile araştırma becerileri.
Yöntem ve Teknikler	Anlatım, soru-cevap, beyin fırtınası, inceleme, tartışma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri – Araç, Gereçler ve Kaynakça	Ders kitabı, akıllı tahta, sunu
Öğretme – Öğrenme Etkinlikleri:	Sınıf selamlandıktan sonra bir önceki hafta anlatılan konular kısa bir özetle tekrar edilerek öğrencilere hatırlatılır. Öğrencilere konuya giriş yapılacağı söylenir ve kitaptan ilgili kısmın sayfasını açmaları istenir. Lidyahılar 39. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Ege Bölgesi'nin verimli topraklarında kurulmuştur. Başkentleri bugünkü Manisa yakınlarındaki Sard şehridir. En önemli gelir kaynakları ticarettir. Parayı icat ederek takas usulü ticarete son vermişlerdir. Ticarete, Kral Yolu kullanmışlar ve bu yol sayesinde zenginleşmişlerdir. Öğrencilerin 39. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Mezopotamya Uygarılıkları "Mezopotamya neresidir? Burada hangi uygarlıklar kurulmuştur? İnsanlar neden buraya yerleşmeyi tercih etmiş olabilirler?" soruları öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Daha sonra 39. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Fırat ve Dicle nehirleri arasında yer alan bölgeye Mezopotamya denir. Elverişli iklim şartları, su kaynaklarına yakın bereketli topraklara sahip olması ve önemli ticaret yollarının üzerinde bulunmasından dolayı insanlar buraya yerleşmeyi tercih etmişlerdir. Bu bölgede tarım yapılmış, hayvanlar evcilleştirilmiştir. Tapınaklar ve saraylar inşa edilmiş ve yazı ilk kez bu bölgede kullanılmıştır. Böylece burada eğitim, bilim ve sanatta ilerlemiş büyük devletler kurulmuştur. Bu devletler zamanla çevrelerini etkilemişlerdir. Mezopotamya'da kurulan devletler; Sümerler, Asurlar ve Babillerdir. Sümerler 40. sayfada yer alan okuma parçaları bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçaları bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Mezopotamya'da kurulan ilk uygarlıktır. Site adı verilen şehir devletleri halinde yaşamışlardır. Bu

EK-10: (Devam) Kontrol Grubu 2. Hafta Ders Planı

	devletleri "Patesi" ya da "Ensi" denen krallar yönetmiştir. İnsanlık tarihinin en önemli buluşlarından biri olan yazıyı icat etmişlerdir. Öğrencilerin 40. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Daha sonra aynı sayfada yer alan soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Şehirlerin tam ortasına zigguratlar inşa etmişlerdir. Bu yapıları tapınak, okul, gözlemevi ve depo olarak kullanmışlardır. Bu yapının en tepesinden gezegenleri ve yıldızları gözlemleyerek ay yılı esaslı takvimi icat etmişlerdir. Tekerleği icat ederek ulaşım ve ticaretin gelişmesine katkıda bulunmuşlardır. Babiller 41. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Dünyanın en güzel şehirlerinden olan Babil şehrini kurmuşlar ve başkent yapmışlardır. Babil şehrine İhtar Kapısından giriş yapıldı. Günümüzde dünyanın yedi harikasından biri olarak kabul edilen Babil'in Asma Bahçelerini ve Babil Kulesini inşa etmişlerdir. En parlak dönemlerini, Hammurabi zamanında yaşamışlardır. Babil Kralı Hammurabi, kendi adını verdiği Mezopotamya'nın en gelişmiş kanunlarını oluşturmuştur. Bu kanunlar kısaca kısas anlayışıyla hazırlanmıştır. Tarım ve ticaretle geçimlerini sürdüren Babiller, tıp ve astronomi alanında ilerlemişlerdir. Öğrencilerin 41. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Daha sonra aynı sayfada yer alan metin bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Metin sonunda bulunan soru öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Asurlar 42. sayfada yer alan okuma parçası bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Okuma parçası bittikten sonra konu anlatımına geçilir. Başkenti Ninova'dır. Geniş topraklara yayılan bir devlet kurmuşlardır. Devletlerini yönetebilmek için gelişmiş bir orduya, donanımlı memurlara ve merkez-taşra arasındaki iletişimi sağlayabilmek için ise postacılık teşkilatına ihtiyaç duymuşlardır. Su kanalları inşa etmişler, suyun akışını düzenleyebilmek için kanalların önüne barajlar kurmuşlardır. Kütüphane inşa etmişlerdir. Asurlu tüccarlar ticaret yapmak amacıyla Anadolu'ya gelmişler ve Kayseri'de bulunan Karum Kanı'ı ticaret merkezi haline getirmişlerdir. Burada bulunan tabletler Asurlara ait olup, Anadolu'da bulunan en eski yazılı eserlerdir. Bu sayede Anadolu halkına yazıyı öğretmişlerdir. Öğrencilerin 42. sayfada yer alan görselleri incelemeleri istenir. Daha sonra aynı sayfada yer alan metin bir öğrenciye sesli bir şekilde okutulur. Metin sonunda bulunan sorular öğrencilere yöneltilir. Öğrencilerin cevapları alınır. Doğru cevaplar genişletilip pekiştirilirken yanlış cevaplar düzeltilir. Dersin başından itibaren anlatılanlar, kısa bir özetle tekrar edilerek konu anlatımı bitirilir. Anadolu'da kurulan son devlet Lidyalıdır. Lidyalılar, Ege Bölgesinde yaşamışlardır. En önemli gelir kaynakları ticarettir. Kral Yolu ticaret amacıyla kullanmışlar ve bu yol sayesinde zenginleşmişlerdir. Parayı icat ederek takas usulü ticarete son vermişlerdir. Mezopotamya; elverişli iklim şartlarına, tarım ve hayvancılık faaliyetlerine uygun yeryüzü şekillerine, su kaynaklarına yakın bereketli topraklara sahip olduğu ve önemli ticaret yollarının üzerinde bulunduğu için insanlar bu bölgeye yerleşmeyi tercih etmişler ve burada birçok uygarlık kurmuşlardır. Mezopotamya'da kurulan devletler; Sümerler, Babiller ve Asurlardır. Mezopotamya'da kurulan ilk uygarlık olan Sümerler, çivi yazısını ve tekerleği icat etmişlerdir. Site adı verilen şehir devletleri şeklinde yaşamışlar, bu devletlerin tam ortasına zigguratlar inşa etmişlerdir. Bu yapıları farklı amaçlar için kullanmışlardır. Gezegenleri ve yıldızları gözlemleyerek ay yılı esaslı takvimi icat etmişlerdir. Babiller, Babil şehrini kurmuşlar ve başkent yapmışlardır. İhtar Kapısını, Babil Kulesini ve Babil'in Asma Bahçelerini inşa etmişlerdir. Babil Kralı Hammurabi, kendi adını verdiği Mezopotamya'nın en gelişmiş kanunlarını oluşturmuştur. Asurlar, gelişmiş bir ordu ve posta teşkilatı kurmuşlardır. Su kanalları ve barajlar inşa
--	--

EK-10: (Devam) Kontrol Grubu 2. Hafta Ders Planı

	etmişler, kütüplüne oluşturmuşlardır. Ticaret yapmak amacıyla Anadolu'ya gelmişler, Kayseri'de bulunan Karum Kanişi ticaret merkezi haline getirmişlerdir. Ticari faaliyetler sonucunda Anadolu halkına yazıyı öğretmişlerdir. Dersin başından itibaren anlatılan konular, kısa bir özetle tekrar edildikten sonra değerlendirme amacıyla öğrencilere sorular yöneltilir ve sonrasında ders sonlandırılır.
3. BÖLÜM	
Ölçme – Değerlendirme Öğrencilerden geri dönüt almak için bireysel ya da grup etkinlikleri kapsamında çeşitli sorular sorulabilir. EBA etkinlikleri ve Kazanım Testlerinden yararlanılabilir.	1-Lıdyalıların insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 2-Parayı hangi uygarlık icat etmiştir? 3-Mezopotamya neresidir? Mezopotamya'da kurulan uygarlıklar sayınız. 4-İnsanlar uygarlık kurmak için neden Mezopotamya'yı tercih etmişlerdir? 5-Sümerlerin insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 6-Ziggurat hangi amaçlar için kullanılmıştır? 7-Babililerin insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 8-Dünyanın yedi harikasından biri olan yapının adı nedir ve hangi uygarlığa aittir? 9-Asurların insanlık tarihine kazandırdığı icatları sayınız. 10-Anadolu'daki en eski yazılı eserler hangi uygarlığa aittir?
Dersin Diğer Derslerle İlişkisi	Öğrencilere konuyla ilgili okuma parçaları okutularak kelimelerin telaffuzu konusunda Türkçe dersiyle, öğrendikleri temel kavramların İngilizce karşılıkları öğretilerek İngilizce dersiyle ve yapılan icatların resimleri çizdirilerek Resim dersiyle işbirliği yapılabilir.
4. BÖLÜM	
Planın Uygulanmasına İlişkin Açıklamalar:	

*Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu'nun 19.01.2018 tarihli ve 12 sayılı Ortaokul ve İmam Hatip Ortaokulu (5-7. Sınıflar) Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programına uygun olarak hazırlanmıştır.

Sosyal Bilgiler Öğretmeni
Emre EKSERİN

Okul Müdürü
Ahmet ŞENER

KAYNAKÇA

- Açık, Z., ve Güven, S. (2012). Nanoteknoloji, çevre ve aile. İçinde M. Babaoğlu, A. Şener ve E. B. Buğday (Ed.), *Tüketici yazıları (III)* (s. 142-170). Ankara: Elma Teknik Basım Matbaacılık.
- Adıgüzel, O. C., ve Özudoğru, F. (2013). Üniversitelerde ortak zorunlu yabancı dil I dersine yönelik bir akademik başarı testinin geliştirilmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(2), 1-11.
- Afshar-Mohajer, N., vd. (2015). Characterization of particulate matters and total VOC emissions from a binder jetting 3D printer. *Building and Environment*, 93(2), 293-301.
- Ahn, D. G. (2021). Directed energy deposition (DED) process: State of the art. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 8(2), 703-742.
- Akay, C. (2019). Öğretim materyalleri. İçinde T. Yanpar Yelken (Ed.), *Öğretim teknolojileri* (s. 45-64). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Akbaba, A. İ., ve Akbulut, E. (2021). 3 boyutlu yazıcılar ve kullanım alanları. *ETÜ Sentez İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3, 19-46.
- Akbaba, B. (2021). Bilişim teknolojileri, sosyal bilgiler ve materyal tasarımı. İçinde B. Akbaba, E. Yeşiltaş ve E. Erdoğan (Ed.), *Sosyal bilgilerde bilişim teknolojileri destekli materyal geliştirme* (s. 1-24). Ankara: Pegem Akademi.
- Akgün, A., vd. (2014). Teknoloji destekli öğretimin bilimsel süreç becerilerine ve akademik başarıya etkisinin incelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(48), 27-46.
- Akinoğlu, O. (2005). Türkiye’de uygulanan ve değişen eğitim programlarının psikolojik temelleri. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 22, 31-46.
- Aküzüm, C. (2017). Eğitim ve teknoloji ile ilgili temel kavramlar. İçinde R. Sever ve E. Koçoğlu (Ed.), *Sosyal bilgiler öğretiminde eğitim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 1-18). Ankara: Pegem Akademi.

- Akyol Altun, T. D. (2007). Geleceğin mimarlığı: Bilimsel-teknolojik değişimlerin mimarlığa etkileri. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(1), 77-91.
- Al-Baghdadi, M. A. R. S. (2017). 3D printing and 3D scanning of our ancient history: Preservation and protection of our cultural heritage and identity. *International Journal of Energy and Environment*, 8(5), 441-456.
- Alpar, D., Batdal, G., ve Avcı, Y. (2007). Öğrenci merkezli eğitimde eğitim teknolojileri uygulamaları. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 19-31.
- Al Ruheili, A., & Al Hajri, S. (2021). The role of 3D printing technology in landscape architecture teaching and learning practices. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 21(2), 13-26.
- Altınışik, S., ve Orhan, F. (2002). Sosyal bilgiler dersinde çoklu ortamın öğrencilerin akademik başarıları ve derse karşı tutumları üzerindeki etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 41-49.
- Aminzadeh, A., vd. (2021). Metaheuristic approaches for modeling and optimization of FDM process. In H. K. Dave & J. P. Davim (Eds.), *Fused deposition modeling based 3D printing: Materials forming, machining and tribology* (pp. 483-504). Cham: Springer.
- Antony, S., Cherouat, A., & Montay, G. (2020). Fabrication and characterization of hemp fibre based 3D printed honeycomb sandwich structure by FDM process. *Applied Composite Materials*, 27(6), 935-953.
- Armesto, L., Fuentes-Durâ, P., & Perry, D. (2016). Low-cost printable robots in education. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 81(1), 5-24.
- Arpa, M. (2017). Gelişen eğitim teknolojilerinin eğitim programlarına etkisi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 128-135.
- Arslan, S., ve Şendurur, P. (2017). Eğitimde teknoloji entegrasyonunu etkileyen faktörlerdeki değişim. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 43, 25-50.
- Arslankara, V. B., ve Usta, E. (2020). Tasarım ilke, öğeleri ve öğretim araçları. İçinde S. Dinçer (Ed.), *Öğretim teknolojileri* (s. 63-92). Ankara: Pegem Akademi.

- Aslan, A., Durukan, Ü. G., ve Batman, D. (2021). Fizik, kimya ve biyoloji öğretmenlerinin 3-boyutlu katı model tasarım ve kullanım ihtiyaçlarına genel bir bakış. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 5(3), 515-534.
- ASTM. (2012). ASTM F2792 - 12a. *Standard terminology for additive manufacturing technologies*. Pennsylvania: ASTM International.
- Atılğan, H. (2019). Madde ve test istatistikleri. İçinde H. Atılğan (Ed.), *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (s. 259-280). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Atila, M. E., ve Sözbilir, M. (2016). Fen ve teknoloji dersi öğretim programındaki yapılandırmacılığa dayalı öğelerin öğretmenler tarafından uygulanışı: Nitel bir çalışma. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 1418-1457.
- Attaran, M. (2017). Additive manufacturing: The most promising technology to alter the supply chain and logistics. *Journal of Service Science and Management*, 10(3), 189-205.
- Avcı, U. (2013). Öğretim ortamları ve materyal tasarımı. İçinde M. Sarıtaş (Ed.), *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 37-54). Ankara: Pegem Akademi.
- Avcı, Ü., ve Kula, A. (2020). Güncel okuryazarlıklar ve bilgi güvenliği. İçinde S. Dinçer (Ed.), *Öğretim teknolojileri* (s. 1-24). Ankara: Pegem Akademi.
- Avcı, Y. E., ve Asma, F. (2017). Sosyal bilgiler öğretiminde sözlü ve yazılı edebi ürünlere dayalı materyal kullanımı. İçinde R. Sever ve E. Koçoğlu (Ed.), *Sosyal bilgiler öğretiminde eğitim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 247-270). Ankara: Pegem Akademi.
- Avcı Yücel, Ü., ve Ergün, E. (2015). Öğretim materyallerinin hazırlanması ve seçimi. İçinde E. Cabı (Ed.), *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 49-72). Ankara: Pegem Akademi.
- Avinal, M. (2019). *Üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle tasarlanan etkinliklerin vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğretime etkisinin incelenmesi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Awad, A., vd. (2021). Advances in powder bed fusion 3D printing in drug delivery and healthcare. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 174, 406-424.

- Ayaydın, Y., ve Aktaş, V. (2020). Sosyal bilgiler öğretmenlerinin sosyal bilgiler dersindeki tarih konularının öğretimine yönelik görüşleri. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 393-408.
- Babu, S. S., vd. (2015). Additive manufacturing of materials: Opportunities and challenges. *MRS Bulletin*, 40(12), 1154-1161.
- Bagheri, A., & Jin, J. (2019). Photopolymerization in 3D printing. *ACS Applied Polymer Materials*, 1(4), 593-611.
- Bai, X., vd. (2017). The pattern of technological accumulation: The comparative advantage and relative impact of 3D printing technology. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(1), 39-55.
- Bai, Y., & Williams, C. B. (2018). Binder jetting additive manufacturing with a particle-free metal ink as a binder precursor. *Materials & Design*, 147, 146-156.
- Banks, J. (2013). Adding value in additive manufacturing: Researchers in the United Kingdom and Europe look to 3D printing for customization. *IEEE Pulse*, 4(6), 22-26.
- Barreto, J. E. F., vd. (2022). 3D printing as a tool in anatomy teaching: An integrative review. *International Journal for Innovation Education and Research*, 10(6), 58-71.
- Bass, L., Meisel, N. A., & Williams, C. B. (2016). Exploring variability of orientation and aging effects in material properties of multi-material jetting parts. *Rapid Prototyping Journal*, 22(5), 826-834.
- Berjozkina, G., & Karami, R. (2021). 3D printing in tourism: An answer to sustainability challenges? *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, 13(6), 773-788.
- Berkowitz, J. (2018). Computer-aided destruction: Regulating 3-D printed firearms without infringing on individual liberties. *Berkeley Technology Law Journal*, 33(1), 51-84.
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155-162.
- Berman, B. (2020). Managing the disruptive effects of 3D printing. *Rutgers Business Review*, 5(3), 294-309.

- Bernard, P., & Mendez, J. D. (2020). Low-cost 3D-printed polarimeter. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 1162-1166.
- Bertoli, U. S., vd. (2017). In-situ characterization of laser-powder interaction and cooling rates through high-speed imaging of powder bed fusion additive manufacturing. *Materials & Design*, 135, 385-396.
- Bhatt, P. M., vd. (2019). A robotic cell for performing sheet lamination-based additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, 27, 278-289.
- Bhattacharjee, N., vd. (2016). The upcoming 3D-printing revolution in microfluidics. *Lab on a Chip*, 16(10), 1720-1742.
- Bhavar, V., vd. (2017). A review on powder bed fusion technology of metal additive manufacturing. In A. B. Badiru, V. V. Valencia & D. Liu (Eds.), *Additive manufacturing handbook: Product development for the defense industry* (pp. 251-262). Boca Raton: CRC Press.
- Bhushan, B., & Caspers, M. (2017). An overview of additive manufacturing (3D printing) for microfabrication. *Microsystem Technologies*, 23(4), 1117-1124.
- Bikas, H., Stavropoulos, P., & Chryssolouris, G. (2016). Additive manufacturing methods and modelling approaches: A critical review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(1-4), 389-405.
- Bilge, A., ve Çam, O. (2010). Ruhsal hastalığa yönelik damgalama ile mücadele. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 9(1), 71-78.
- Bingöl, B. (2018). Yeni bir yaşam biçimi: Artırılmış gerçeklik (AG). *Etkileşim*, 1, 44-55.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), *FabLab: Of machines, makers and inventors* (pp. 203-222). Bielefeld: Transcript Verlag.
- Bogart, M. (1981). Photosculpture. *Art History*, 4(1), 54-65.
- Bogue, R. (2013). 3D printing: The dawn of a new era in manufacturing? *Assembly Automation*, 33(4), 307-311.
- Bolat, A., ve Karamustafaoğlu, S. (2019). "Vücudumuzdaki sistemler" ünitesi başarı testi geliştirme: Geçerlik ve güvenirlik. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(2), 131-159.

- Bose, S., Vahabzadeh, S., & Bandyopadhyay, A. (2013). Bone tissue engineering using 3D printing. *Materials Today*, 16(12), 496-504.
- Boumaraf, H., & İnceoğlu, M. (2020). Integrating 3D printing technologies into architectural education as design tools. *Emerging Science Journal*, 4(2), 73-81.
- Bourell, D., vd. (2017). Materials for additive manufacturing. *CIRP Annals*, 66(2), 659-681.
- Bourell, D. L., & Beaman, J. J. (2003). Chronology and current processes for freedom fabrication. *Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy*, 50(11), 981-991.
- Boz, İ., ve Özerbaş, M. A. (2020). Sınıf öğretmenlerinin matematik dersinde teknoloji kullanımlarına ilişkin görüşleri. *Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi (BEST Dergi)*, 4(2), 56-66.
- Bozdemir, M. (2018). Silah kabzasının 3B yazıcılarla tasarım ve imalatı. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(1), 57-68.
- Bozkurt, Y., Gülsoy, H. Ö., ve Karayel, E. (2021). Eklemeli imalat teknolojilerinin tıbbi ekipmanların üretiminde kullanımı. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2), 962-980.
- Böckin, D., & Tillman, A. M. (2019). Environmental assessment of additive manufacturing in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, 226, 977-987.
- Bracci, R., Maccaroni, E., & Cascinu, S. (2013). Bioresorbable airway splint created with a three-dimensional printer. *The New England Journal of Medicine*, 368(21), 2043-2045.
- Bradshaw, S., Bowyer, A., & Haufe, P. (2010). The intellectual property implications of low-cost 3D printing. *SCRIPTed*, 7(1), 5-31.
- Bravi, L., Murmura, F., & Santos, G. (2019). Additive manufacturing: Possible problems with indoor air quality. *Procedia Manufacturing*, 41, 952-959.
- Buchanan, C., & Gardner, L. (2019). Metal 3D printing in construction: A review of methods, research, applications, opportunities and challenges. *Engineering Structures*, 180, 332-348.

- Butt, J., Bhaskar, R., & Mohaghegh, V. (2021). Investigating the effects of extrusion temperatures and material extrusion rates on FFF-printed thermoplastics. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 117(9-10), 2679-2699.
- Büyükakıncı, B. Y., vd. (2013). Denim kumaşlara buruşmazlık apresi uygulamak suretiyle üç boyutlu görünüm kazandırılması. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 5(20), 1-6.
- Büyüköztürk, Ş. (2019). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni SPSS uygulamaları ve yorum* (25. Baskı.). Ankara: Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş., vd. (2020). *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri* (29. Baskı.). Ankara: Pegem Akademi.
- Büyük Türkçe Sözlük. (2022). Erişim adresi: <https://sozluk.gov.tr/>
- Byun, M. K., Jo, J. H., & Cho, M. H. (2015). The analysis of learner's motivation and satisfaction with 3D printing in science classroom. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(5), 877-884.
- Canessa, E. (2013). Low-cost 3D printing for science, education and sustainable development. In E. Canessa, C. Fonda & M. Zennaro (Eds.), *Low-cost 3D printing for science, education and sustainable development* (pp. 11-18). Trieste: The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.
- Cao, S., vd. (2021). Review of laser powder bed fusion (LPBF) fabricated Ti-6Al-4V: Process, post-process treatment, microstructure, and property. *Light: Advanced Manufacturing*, 2(3), 313-332.
- Carew, R. M., & Errickson, D. (2020). An overview of 3D printing in forensic science: The tangible third-dimension. *Journal of Forensic Sciences*, 65(5), 1752-1760.
- Carroll, B. E., Palmer, T. A., & Beese, A. M. (2015). Anisotropic tensile behavior of Ti-6Al-4V components fabricated with directed energy deposition additive manufacturing. *Acta Materialia*, 87, 309-320.
- Ceccanti, F., Giorgetti, A., & Citti, P. (2019). A support structure design strategy for laser powder bed fused parts. *Procedia Structural Integrity*, 24, 667-679.

- Chen, T., & Lin, Y. C. (2017). Feasibility evaluation and optimization of a smart manufacturing system based on 3D printing: A review. *International Journal of Intelligent Systems*, 32(4), 394-413.
- Cheng, G. Z., vd. (2017). 3D printing and personalized airway stents. *Pulmonary Therapy*, 3(1), 59-66.
- Cheng, Y. L., Chang, C. H., & Kuo, C. (2020). Experimental study on leveling mechanism for material-jetting-type color 3D printing. *Rapid Prototyping Journal*, 26(1), 11-20.
- Chery, D., vd. (2015, 21-24 October). *Integration of the arts and technology in gk-12 science courses* [Sözlü Bildiri]. 2015 IEEE Frontiers in Education Conference, El Paso, Texas.
- 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.
- Chong, S., vd. (2017). Physical characterization and pre-assessment of recycled high-density polyethylene as 3D printing material. *Journal of Polymers and the Environment*, 25(2), 136-145.
- Cochran, J. A., vd. (2016). Expanding geometry understanding with 3D printing. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 21(9), 534-542.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2021). *Eğitimde araştırma yöntemleri* (E. Dinç ve K. Kiroğlu, Çev.). Ankara: Pegem Akademi.
- Cooper, C. (2019). You can handle it: 3D printing for museums. *Advances in Archaeological Practice*, 7(4), 443-447.
- Cooper, F. (2015). Sintering and additive manufacturing: The new paradigm for the jewellery manufacturer. *Johnson Matthey Technology Review*, 59(3), 233-242.
- Coşkun, Ö., ve Çömlekçi, S. (2011). Biyomedikal mühendislik hizmetlerinin hastanelerdeki rolü. *SDÜ Teknik Bilimler Dergisi*, 1(1), 23-28.
- Cozmei, C., & Caloian, F. (2012). Additive manufacturing flickering at the beginning of existence. *Procedia Economics and Finance*, 3, 457-462.

- Creswell, J. W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (4th ed.). Lincoln: Pearson.
- Cuellar, J. S., vd. (2019). Functional evaluation of a non-assembly 3D-printed hand prosthesis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 233(11), 1122-1131.
- Cui, T., Chattaraman, V., & Sun, L. (2022). Examining consumers' perceptions of a 3D printing integrated apparel: A functional, expressive and aesthetic (FEA) perspective. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 26(2), 266-288.
- Cui, X., vd. (2012). Thermal inkjet printing in tissue engineering and regenerative medicine. *Recent Patents on Drug Delivery & Formulation*, 6(2), 149-155.
- Çalışkan, N., ve Karadağ, E. (2013). Temel kavramlar. İçinde M. Sarıtaş (Ed.), *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 1-16). Ankara: Pegem Akademi.
- 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.
- Çetin, E. (2020). Uzaktan eğitimde uzamsal görselleştirme: 3 boyutlu tasarım sürecinin uzamsal yeteneğe etkisi. *Kastamonu Education Journal*, 28(6), 2295-2304.
- Çetin, E., Berikan, B., ve Yüksel, A. O. (2019). 3B tasarım öğrenme deneyiminin süreç değerlendirmesi ve eğitsel çıktılarının keşfedilmesi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 9(1), 21-49.
- Çetinkaya, S., ve Hatay Uçar, F. (2019). İlköğretim 2. Kademe öğrencilerinin sosyal bilgiler dersine yönelik tutumlarının incelenmesi: Bir ölçek geliştirme çalışması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 27(1), 25-35.
- Çevik, B. (2014). Polimer malzemelerin sürtünme karıştırma nokta kaynağı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 271-277.
- Çoban, A., Temir, M., ve Karaca, S. (2017). Ortaokullarda görev yapan sosyal bilgiler öğretmenlerinin sosyal bilgiler öğretiminde öğrenci kaynaklı karşılaştıkları sorunlar ve çözüm önerileri. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 18, 35-54.

- Dankar, I., vd. (2018). Impact of mechanical and microstructural properties of potato puree-food additive complexes on extrusion-based 3D printing. *Food and Bioprocess Technology*, 11(11), 2021-2031.
- Da Silva, L. R. R., vd. (2021). A comprehensive review on additive manufacturing of medical devices. *Progress in Additive Manufacturing*, 6(3), 517-553.
- Davachi, S. M., & Kaffashi, B. (2015). Polylactic acid in medicine. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 54(9), 944-967.
- Davia-Aracil, M., vd. (2018). 3D printing of functional anatomical insoles. *Computers in Industry*, 95, 38-53.
- Dâvila, J. L., vd. (2020). Hybrid manufacturing: A review of the synergy between directed energy deposition and subtractive processes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 110(11-12), 3377-3390.
- Davoudinejad, A., vd. (2018). Additive manufacturing with vat polymerization method for precision polymer micro components production. *Procedia CIRP*, 75, 98-102.
- Değirmenci, Y. (2019). 4. Sınıf sosyal bilgiler dersinde coğrafya konularının öğretime ilişkin öğretmen görüşlerinin incelenmesi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(4), 3286-3305.
- De Jong, J. P. J., & De Bruijn, E. (2013). Innovation lessons from 3-D printing. *MIT Sloan Management Review*, 54(2), 43-52.
- Demir, S. B., ve Akengin, H. (2014). *Hikâyelerle sosyal bilgiler öğretimi* (3. Baskı.). Ankara: Pegem Akademi.
- Demiralp, N. (2007). Coğrafya eğitiminde materyaller ve 2005 coğrafya dersi öğretim programı. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 373-384.
- Demircioğlu, İ. H. (2020). Tarih öğretimi, öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı. İçinde İ. H. Demircioğlu ve İ. Turan (Ed.), *Tarih öğretiminde öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 1-12). Ankara: Pegem Akademi.
- Depoorter, B. (2014). Intellectual property infringements & 3D printing: Decentralized piracy. *Hasting Law Journal*, 65(6), 1483-1504.

- Dere, İ., ve Ateş, Y. (2020). Sosyal bilgiler derslerinde teknolojik araç ve materyal kullanımı: Bir durum çalışması. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(2), 496-514.
- Dickinson, K. J., & Bass, B. L. (2020). A systematic review of educational mobile-applications (apps) for surgery residents: Simulation and beyond. *Journal of Surgical Education*, 77(5), 1244-1256.
- Doğan, A., ve Uluay, G. (2020). Fen bilgisi öğretmen adaylarının 3D teknolojilerini öğrenme ve uygulama deneyimleri: Tinkercad örneği. *Trakya Eğitim Dergisi*, 10(3), 980-994.
- Doğru, E., ve Aydın, F. (2018). Coğrafya öğretmenlerinin teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPAB) hakkındaki düşünceleri ve bunu kullanma durumları. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 88-100.
- Dumitrescu, G. C., & Tănase, I. A. (2016). 3D printing - a new industrial revolution. *Knowledge Horizons - Economics*, 8(1), 32-39.
- Echeta, I., vd. (2020). Review of defects in lattice structures manufactured by powder bed fusion. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 106(5-6), 2649-2668.
- 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* (6. Baskı.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Elakkad, A. S. (2019). 3D technology in the automotive industry. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(11), 248-251.
- Elvan, D., ve Mutlubaş, H. (2020). Eğitim-öğretim faaliyetlerinde teknolojinin kullanımı ve teknolojinin sağladığı yararlar. *Mustafa Kemal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(6), 100-109.
- Erişen, Y., ve Çeliköz, N. (2011). Eğitimde bilgisayar kullanımı. İçinde Ö. Demirel ve E. Altun (Ed.), *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 113-146). Ankara: Pegem Akademi.
- Erkan, H. (2013). Toplum ve ekonominin yapısal analizi. İçinde V. Bozkurt ve F. Güneş (Ed.), *Ekonomi sosyolojisi* (s. 34-65). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

- Eryılmaz, S., ve Uluyol, Ç. (2015). 21. Yüzyıl becerileri ışığında FATİH projesi değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(2), 209-229.
- Esmaili, S., vd. (2019). An artificial blood vessel fabricated by 3D printing for pharmaceutical application. *Nanomedicine Journal*, 6(3), 183-194.
- Eti Proto, M., & Koç Sağlam, C. (2021). Furniture design education with 3D printing technology. In D. Scaradozzi, L. Guasti, M. Di Stasio, B. Miotti, A. Monteriu & P. Blikstein (Eds.), *Makers at school, educational robotics and innovative learning environments: Research and experiences from fablearn Italy 2019, in the Italian schools and beyond* (pp. 97-105). Cham: Springer.
- Fadhel, N. F., Crowder, R. M., & Wills, G. B. (2015). Provenance in the additive manufacturing process. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 2345-2350.
- Ferreira, T., vd. (2012). Additive manufacturing in jewellery design. *Engineering Systems Design and Analysis*, 4, 187-194.
- Fidan, N. K. (2008). İlköğretimde araç gereç kullanımına ilişkin öğretmen görüşleri. *Kuramsal Eğitimbilim*, 1(1), 48-61.
- Fonda, C. (2013). A practical guide to your first 3D print. In E. Canessa, C. Fonda & M. Zennaro (Eds.), *Low-cost 3D printing for science, education and sustainable development* (pp. 25-60). Trieste: The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.
- Fontichiaro, K. (2016). Should you buy a 3D printer? *Teacher Librarian*, 43(4), 58-59.
- Ford, S., & Minshall, T. (2019). Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131-150.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2018). *How to design and evaluate research in education* (10th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Franchetti, M., & Kress, C. (2017). An economic analysis comparing the cost feasibility of replacing injection molding processes with emerging additive manufacturing techniques. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(9-12), 2573-2579.

- Frazier, W. E. (2014). Metal additive manufacturing: A review. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 23(6), 1917-1928.
- Gao, W., vd. (2015). The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. *Computer-Aided Design*, 69, 65-89.
- Gardan, J. (2019). Smart materials in additive manufacturing: State of the art and trends. *Virtual and Physical Prototyping*, 14(1), 1-18.
- Garmire, E., & Pearson, G. (Eds.). (2006). *Tech tally: Approaches to assessing technological literacy*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Gaytan, S. M., vd. (2015). Fabrication of barium titanate by binder jetting additive manufacturing technology. *Ceramics International*, 41(5 Part A), 6610-6619.
- Gbadeyan, O. J., Mohan, T. P., & Kanny, K. (2020). Processing and characterization of 3-D printed nanoclay/acrylonitrile butadiene styrene (abs) nanocomposite gear. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 109(3-4), 619-627.
- Gezer, M. (2021). Örneklem seçimi ve örnekleme yöntemleri. İçinde B. Çetin, M. İlhan ve M. G. Şahin (Ed.), *Eğitimde araştırma yöntemleri: Temel kavramlar, ilkeler ve süreçler* (s. 133-160). Ankara: Pegem Akademi.
- Gibson, I., vd. (2021). *Additive manufacturing technologies* (3rd ed.). Cham: Springer.
- Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing* (2nd ed.). New York: Springer.
- Gleadall, A., Ashcroft, I., & Segal, J. (2018). VOLCO: A predictive model for 3D printed microarchitecture. *Additive Manufacturing*, 21, 605-618.
- Goh, G. D., vd. (2020). Process-structure-properties in polymer additive manufacturing via material extrusion: A review. *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 45(2), 113-133.
- Gonzalez, J. A., vd. (2016). Characterization of ceramic components fabricated using binder jetting additive manufacturing technology. *Ceramics International*, 42(9), 10559-10564.

- Gökçearslan, A. (2017). Üç boyutlu yazıcının grafik tasarım alanına yansımaları. *Fine Arts*, 12(2), 135-148.
- Göksu, M. M. (2020). Sosyal bilgiler öğretmenlerinin tarih konularının öğretime yönelik görüşleri. *Kastamonu Education Journal*, 28(5), 1946-1955.
- Gönenç, S., ve Açıkalın, M. (2017). Sosyal bilgiler öğretmenlerinin sosyal bilgiler öğretiminde karşılaştıkları sorunlar ve bunlara getirdikleri çözüm önerileri. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 26-41.
- Grant, C. A., vd. (2017). 3-D fossils for k-12 education: A case example using the giant extinct shark carcharocles megalodon. *The Paleontological Society Papers*, 22, 197-209.
- Greengard, S. (2013). All the items fit to print. *Communications of the ACM*, 56(7), 17-19.
- Greenhalgh, S. (2016). The effects of 3D printing in design thinking and design education. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 14(4), 752-769.
- Groenendyk, M., & Gallant, R. (2013). 3D printing and scanning at the Dalhousie University Libraries: A pilot project. *Library Hi Tech*, 31(1), 34-41.
- Gross, B. C., vd. (2014). Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences. *Analytical Chemistry*, 86(7), 3240-3253.
- Groth, C., vd. (2014). Three-dimensional printing technology. *Journal of Clinical Orthodontics*, 48(8), 475-485.
- Guo, N., & Leu, M. C. (2013). Additive manufacturing: Technology, applications and research needs. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 8(3), 215-243.
- Gupta, H., Bhateja, S., & Arora, G. (2019). 3D printing and its applications in oral and maxillofacial surgery. *IP Journal of Surgery and Allied Sciences*, 1(3), 48-52.
- Güleryüz, H., Dilber, R., ve Erdoğan, İ. (2019). STEM uygulamalarında öğretmen adaylarının 3D yazıcı kullanımı hakkındaki görüşleri. *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 1-8.

- Güllü, G. (2019). Yeni teknolojiler, değişen endüstri ilişkileri ve işçi sendikalarındaki dönüşüm. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 41(2), 432-452.
- Gültekin, M., Karadağ, R., ve Yılmaz, F. (2007). Yapılandırmacılık ve öğretim uygulamalarına yansımaları. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 503-528.
- Günay, D. (2001). Mühendislik, teknoloji ve tarih. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 30, 6-14.
- Günay, D., ve Arıdurur, A. (2001, 7-8 Haziran). *Teknolojinin konumu ve neliği* [Sözlü Bildiri]. II. Teknoloji, Kalite ve Üretim Sistemleri Konferansı, Abant, Bolu.
- Güneş, S., vd. (2020). 3 boyutlu yazıcı kullanımının öğrencilerin ar-ge yeteneklerinin gelişimine etkisinin incelenmesi: OSTİM Teknik Üniversitesi Meslek Yüksekokulunda örnek bir uygulama. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 4(1), 1-11.
- Gürbüz, S., ve Şahin, F. (2018). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri* (5. Baskı.). 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.
- Güven, M. (2022). Öğretim materyali tasarım süreci. İçinde K. Selvi (Ed.), *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 141-184). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Hager, I., Golonka, A., & Putanowicz, R. (2016). 3D printing of buildings and building components as the future of sustainable construction? *Procedia Engineering*, 151, 292-299.
- Halili, S. H. (2019). Technological advancements in education 4.0. *The Online Journal of Distance Education and e-Learning*, 7(1), 63-69.
- Hamilton, C., Alıcı, G., & in het Panhuis, M. (2018). 3D printing vegemite and marmite: Redefining "breadboards". *Journal of Food Engineering*, 220, 83-88.
- Hansen, A. K., vd. (2020). Exploring the potential of 3D-printing in biological education: A review of the literature. *Integrative and Comparative Biology*, 60(4), 896-905.

- Harut, S. B. (2020). *Ortaokul ve imam hatip ortaokulu 5. Sınıf sosyal bilgiler ders kitabı*. Ankara: Ata Yayıncılık.
- Hasançebi, B., Terzi, Y., ve Küçük, Z. (2020). Madde güçlük indeksi ve madde ayırt edicilik indeksine dayalı çeldirici analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 224-240.
- He, Y., vd. (2017). A tripropylene glycol diacrylate-based polymeric support ink for material jetting. *Additive Manufacturing*, 16, 153-161.
- Henn, M. C., & Mokadam, N. A. (2021). Three-dimensional printing to plan intracardiac operations. *JTCVS Techniques*, 9, 101-108.
- Highfield, R. (2013). Manufacturing enters a new dimension. *The World Today*, 69(5), 12-16.
- Hoepfl, M. C. (1997). Choosing qualitative research: A primer for technology education researchers. *Journal of Technology Education*, 9(1), 47-63.
- Hofierka, J., vd. (2022). A tangible landspace modeling system for geography education. *Education and Information Technologies*, 27(4), 5417-5435.
- Holland, S., Tuck, C., & Foster, T. (2018). Selective recrystallization of cellulose composite powders and microstructure creation through 3D binder jetting. *Carbohydrate Polymers*, 200, 229-238.
- Horowitz, S. S., & Schultz, P. H. (2014). Printing space: Using 3D printing of digital terrain models in geosciences education and research. *Journal of Geoscience Education*, 62(1), 138-145.
- Hossain, M. S., vd. (2016). Fabrication of smart parts using powder bed fusion additive manufacturing technology. *Additive Manufacturing*, 10, 58-66.
- 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, S. H., vd. (2013). Additive manufacturing and its societal impact: A literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67(5-8), 1191-1203.

- Huleihil, M. (2017, 8-11 November). *3D printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications* [Sözlü Bildiri]. 5th Global Conference on Materials Science and Engineering, Tunghai University, Taiwan.
- Ilgaz, S., Aslan, H., ve Örtten, H. (2020). Resim ve fotoğraflarla sosyal bilgiler öğretimi. İçinde R. Sever, M. Aydın ve E. Koçoğlu (Ed.), *Alternatif yaklaşımlarla sosyal bilgiler eğitimi* (s. 479-502). Ankara: Pegem Akademi.
- Ishengoma, F. R., & Mtaho, A. B. (2014). 3D printing: Developing countries perspectives. *International Journal of Computer Applications*, 104(11), 30-34.
- Jaksic, N. I. (2015, 14-17 June). *What to do when 3D printers go wrong: Laboratory experiences* [Sözlü bildiri]. 2015 ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, Washington.
- Javaid, M., vd. (2021). Role of additive manufacturing applications towards environmental sustainability. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 4(4), 312-322.
- Javaid, M., & Haleem, A. (2018). Additive manufacturing applications in medical cases: A literature based review. *Alexandria Journal of Medicine*, 54(4), 411-422.
- Jipa, A., & Dillenburger, B. (2022). 3D printed formwork for concrete: State-of-the-art, opportunities, challenges, and applications. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 9(2), 84-107.
- Johnson, L., vd. (2014). *NMC horizon report: 2014 higher education edition*. Texas: The New Media Consortium.
- Jones, O. A. H., & Spencer, M. J. S. (2018). A simplified method for the 3D printing of molecular models for chemical education. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 88-96.
- Joshi, S. C., & Sheikh, A. A. (2015). 3D printing in aerospace and its long-term sustainability. *Virtual and Physical Prototyping*, 10(4), 175-185.
- Kalemkuş, J. (2021). Fen bilimleri dersi öğretim programı kazanımlarının 21. Yüzyıl becerileri açısından incelenmesi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 11(1), 63-87.

- Kalkanoğlu, B., ve Albuz, A. (2019). Bilgisayar destekli piyano öğretiminin öğrenci performansı üzerindeki etkilerinin araştırılması (home concert xtreme örneği). İçinde M. B. Minaz (Ed.), *Eğitim bilimleri alanında araştırma ve değerlendirmeler - 2019 / Haziran* (s. 1-24). Ankara: Gece Akademi.
- Kamrani, A. K., & Nasr, E. A. (2010). *Engineering design and rapid prototyping* (1st ed.). New York: Springer.
- Karaca, S. (2021). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (1. Baskı.). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Karaduman, H. (2017). Sosyal bilgiler eğitiminde 3 boyutlu yazıcıların kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 7(3), 590-625.
- 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.
- Karagöz, B., ve Şahin Çakır, Ç. (2020). Fen bilgisi öğretmen adaylarının 3 boyutlu yazıcılar hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi. *Karaelmas Journal of Educational Sciences*, 8(2), 303-317.
- Karagöz, İ., Danış Bekdemir, A., ve Tuna, Ö. (2021). 3B yazıcı teknolojilerindeki kullanılan yöntemler ve gelişmeler üzerine bir derleme. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(4), 1186-1213.
- Katrancı, M., ve Uygun, M. (2013). Sınıf öğretmenlerinin Türkçe derslerinde teknoloji kullanımına yönelik görüşleri. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11, 773-797.
- Kaur, J., vd. (2022). Materials for food printing. In K. Sandhu & S. Singh (Eds.), *Food printing: 3D printing in food industry* (pp. 1-18). Singapore: Springer.
- Kayabaşı, Y. (2020). Öğretim materyallerinin seçimi ve tasarlanması. İçinde M. A. Özerbaş (Ed.), *Öğretim teknolojileri* (s. 61-108). Ankara: Pegem Akademi.
- Kechagias, J. (2007). An experimental investigation of the surface roughness of parts produced by LOM process. *Rapid Prototyping Journal*, 13(1), 17-22.
- Keçe, M., ve Merey, Z. (2011). İlköğretim sosyal bilgiler kazanımlarının sosyal bilimler disiplinlerine ve disiplinlerarası anlayışa uygunluğunun belirlenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 110-139.

- Kholiya, R. (2016). 3D printing: The face of future fashion. *International Journal of Recent Research Aspects*, 3(3), 80-85.
- Khoo, Z. X., vd. (2015). 3D printing of smart materials: A review on recent progresses in 4D printing. *Virtual and Physical Prototyping*, 10(3), 103-122.
- Khorasani, A., vd. (2020). A review of technological improvements in laser-based powder bed fusion of metal printers. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 108(1-2), 191-209.
- Kılınç, E. (2013). Sosyal bilgiler öğretmen eğitiminde güncel tartışmalar. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(4), 75-93.
- Kızılaslan, A., vd. (2020). Görme yetersizliği olan öğrencilere yönelik geliştirilen fen etkinliklerinin analizi: Madde ve ısı. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 19-32.
- Kietzmann, J., Pitt, L., & Berthon, P. (2015). Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing. *Business Horizons*, 58(2), 209-215.
- Kilmen, S. (2017). Madde analizi, madde seçimi ve yorumlanması. İçinde R. N. Demirtaşlı (Ed.), *Eğitimde ölçme ve değerlendirme* (s. 327-348). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Kim, H. (2018). Market analysis and the future of sustainable design using 3D printing technology. *Archives of Design Research*, 31(1), 23-35.
- Kim, J. S., Kang, B. J., & Lee, S. W. (2019). An experimental study on microstructural characteristics and mechanical properties of stainless-steel 316L parts using directed energy deposition (DED) process. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 33(12), 5731-5737.
- Kim, M. K., Lee, I. H., & Kim, H. C. (2018). Effect of fabrication parameters on surface roughness of FDM parts. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 19(1), 137-142.
- Koçoğlu, E. (2017). Sosyal bilgiler öğretiminde akıllı tahta kullanımı. İçinde R. Sever ve E. Koçoğlu (Ed.), *Sosyal bilgiler öğretiminde eğitim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 163-180). Ankara: Pegem Akademi.

- Kodaman, L. (2021). Temel sanat eğitimi ve resim dersinde istasyon tekniğinin uygulanmasına yönelik bir atöyle çalışması. *Sanat Eğitimi Dergisi*, 9(1), 1-9.
- Kolomiets, A., vd. (2018). Benefits of titanium additive manufacturing for industrial design development. Trends, limitations and applications. *Global Journal of Researches in Engineering: J General Engineering*, 18(2), 1-8.
- Kolonich, A. (2017). *Supporting urban secondary science teachers in promoting equitable science classrooms through inclusive three-dimensional instruction* (Unpublished PhD Dissertation). Michigan State University, Michigan.
- Korium, M. S., vd. (2021). Direct metal laser sintering of precious metals for jewelry applications: Process parameter selection and microstructure analysis. *IEEE Access*, 9, 126530-126540.
- Korucu, A. T., Usta, E., ve Yavuzaslan, İ. F. (2016). Eğitimde artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanımı: 2007-2016 döneminde Türkiye'de yapılan araştırmaların içerik analizi. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 81-92.
- 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., ve Özcan, U. (2018). 3D yazıcıların eğitimde kullanımı. *Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi (BEST Dergi)*, 2(1), 81-85.
- Kruth, J. P. (1991). Material inccress manufacturing by rapid prototyping techniques. *CIRP Annals*, 40(2), 603-614.
- Kruth, J. P., vd. (2005). Binding mechanisms in selective laser sintering and selective laser melting. *Rapid Prototyping Journal*, 11(1), 26-36.
- Kuipers, T., Wu, J., & Wang, C. C. L. (2019). CrossFill: Foam structures with graded density for continuous material extrusion. *Computer-Aided Design*, 114, 37-50.
- Kumar, L. J., & Krishnadas Nair, C. G. (2017). Current trends of additive manufacturing in the aerospace industry. In D. I. Wimpenny, P. M. Pandey & L. J. Kumar (Eds.), *Advances in 3D printing & additive manufacturing technologies* (pp. 39-54). Singapore: Springer.

- Kumaresan, R., vd. (2021). 3D printing technology for thermal application: A brief review. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 83(2), 84-97.
- Kumta, S., vd. (2015). A novel 3D template for mandible and maxilla reconstruction: Rapid prototyping using stereolithography. *Indian Journal of Plastic Surgery*, 48(3), 263-273.
- Kumtepe, A. T., vd. (2017). Kitlesel uzaktan eğitimde öğrenen-içerik etkileşimi: Anadolu Üniversitesi açıköğretim sistemi örneği. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 9-36.
- Kunovjanek, M., Knofius, N., & Reiner, G. (2022). Additive manufacturing and supply chains - a systematic review. *Production Planning & Control*, 33(13), 1231-1251.
- Kuntanapreeda, S., & Hess, D. (2021). Opening access to space by maximizing utilization of 3D printing in launch vehicle design and production. *Applied Science and Engineering Progress*, 14(2), 143-145.
- Kurhe, S., vd. (2021). A review on 3D component manufacturing system. *International Journal of Advance Scientific Research & Engineering Trends*, 5(12), 224-229.
- Kurpjuweit, S., vd. (2021). Blockchain in additive manufacturing and its impact on supply chains. *Journal of Business Logistics*, 42(1), 46-70.
- Kuzu Demir, E. B., vd. (2016). Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 17(2), 481-503.
- Kwon, H. (2017). Effects of 3D printing and design software on students' overall performance. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(4), 37-42.
- Laplume, A. O., Petersen, B., & Pearce, J. M. (2016). Global value chains from a 3D printing perspective. *Journal of International Business Studies*, 47(5), 595-609.
- Leach, N. (2014). 3D printing in space. *Architectural Design*, 84(6), 108-113.
- Lee, H., vd. (2017). Lasers in additive manufacturing: A review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 4(3), 307-322.

- Lee, K. Y., vd. (2015). Accuracy of three-dimensional printing for manufacturing replica teeth. *The Korean Journal of Orthodontics*, 45(5), 217-225.
- Lee, Y., Nandwana, P., & Simunovic, S. (2022). Powder spreading, densification, and part deformation in binder jetting additive manufacturing. *Progress in Additive Manufacturing*, 7(1), 111-125.
- Lei, F., vd. (2022). PDHL-EDAS method for multiple attribute group decision making and its application to 3D printer selection. *Technological and Economic Development of Economy*, 28(1), 179-200.
- Lengua, C. A. G. (2017). History of rapid prototyping. In K. M. Farooqi (Eds.), *Rapid prototyping in cardiac disease: 3D printing the heart* (pp. 3-8). Cham: Springer.
- Levy, G. N., Schindel, R., & Kruth, J. P. (2003). Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (LM) technologies, state of the art and future perspectives. *CIRP Annals*, 52(2), 589-609.
- Li, F., vd. (2019). Increasing the functionalities of 3D printed microchemical devices by single material, multimaterial, and print-pause-print 3D printing. *Lab on a Chip*, 19(1), 35-49.
- Li, J., vd. (2021). Water-based binder preparation and full-color printing implementation of a self-developed 3D printer. *Rapid Prototyping Journal*, 27(3), 530-536.
- Liao, Y. S., Chiu, L. C., & Chiu, Y. Y. (2003). A new approach of online waste removal process for laminated object manufacturing (LOM). *Journal of Materials Processing Technology*, 140(1-3), 136-140.
- Lim, C. W. J., vd. (2016). An overview of 3-D printing in the manufacturing, aerospace, and automotive industries. *IEEE Potentials*, 35(4), 18-22.
- Lim, K. H. A., vd. (2016). Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 9(3), 213-221.
- Lim, S., vd. (2012). Developments in construction-scale additive manufacturing processes. *Automation in Construction*, 21, 262-268.

- Lin, X. H. (2016). The application of 3D printing technology in modern clothing design. In L. Liu (Eds.), *Humanity and social science* (pp. 41-47). Singapore: World Scientific Publishing.
- Lind, J., vd. (2017). Social aspects in additive manufacturing of pharmaceutical products. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 14(8), 927-936.
- Liu, Z., vd. (2017). 3D printing: Printing precision and application in food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 69(A), 83-94.
- Liu, Z., vd. (2018). Comparative study for environmental performances of traditional manufacturing and directed energy deposition processes. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15(11), 2273-2282.
- Losaw, J. (2019). Answering your questions: Weighing in on 3D printers, development boards and technical debt. *Inventors Digest*, 35(1), 40-41.
- Lou, S., vd. (2019). Characterisation methods for powder bed fusion processed surface topography. *Precision Engineering*, 57, 1-15.
- Lueders, C., vd. (2014). Rapid manufacturing techniques for the tissue engineering of human heart valves. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 46(4), 593-601.
- Malone, E., & Lipson, H. (2007). Fab@Home: The personal desktop fabricator kit. *Rapid Prototyping Journal*, 13(4), 245-255.
- Maloy, R., vd. (2017). 3D modeling and printing in history/social studies classrooms: Initial lessons and insights. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 17(2), 229-249.
- Mani, M., Lyons, K. W., & Gupta, S. K. (2014). Sustainability characterization for additive manufacturing. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 119, 419-428.
- Mannoor, M. S., vd. (2013). 3D printed bionic ears. *Nano Letters*, 13(6), 2634-2639.
- Markl, M., & Körner, C. (2016). Multi-scale modeling of powder-bed-based additive manufacturing. *Annual Review of Materials Research*, 46, 93-123.
- Martin, R. L., Bowden, N. S., & Merrill, C. (2014). 3D printing in technology and engineering education. *Technology and Engineering Teacher*, 73(8), 30-35.

- Masiouchok, O. P., vd. (2020). Additive technologies of polymer materials (review). *The Paton Welding Journal*, 5, 49-55.
- Mathur, R. (2015). 3D printing in architecture. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 3(7), 583-591.
- Matthews, M. J., vd. (2016). Denudation of metal powder layers in laser powder bed fusion processes. *Acta Materialia*, 114, 33-42.
- McMenamin, P. G., vd. (2014). The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anatomical Sciences Education*, 7(6), 479-486.
- McWhorter, R. R., & Delello, J. A. (2015). Green computing through virtual learning environments. In F. M. Nafukho & B. J. Irby (Eds.), *Handbook of research on innovative technology integration in higher education* (pp. 1-28). Pennsylvania: IGI Global.
- MEB. (2005a). *İlköğretim sosyal bilgiler dersi öğretim programı ve kılavuzu (4. Ve 5. Sınıflar)*. Ankara: Devlet Kitapları Müdürlüğü.
- MEB. (2005b). *İlköğretim sosyal bilgiler dersi 6-7. Sınıflar öğretim programı ve kılavuzu*. Ankara: Devlet Kitapları Müdürlüğü.
- MEB. (2006). *Öğretmenlik mesleği genel yeterlikleri*. Ankara: Öğretmen Yetiştirme ve Eğitimi Genel Müdürlüğü.
- MEB. (2017a). *Öğretmenlik mesleği genel yeterlikleri*. Ankara: Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.
- MEB. (2017b). *Sosyal bilgiler öğretmeni özel alan yeterlikleri*. Ankara: Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.
- MEB. (2018a). *Sosyal bilgiler dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 4, 5, 6 ve 7. sınıflar)*. Ankara: MEB Devlet Kitapları.
- MEB. (2018b). *2023 eğitim vizyonu*. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Meier, M., vd. (2019). Unlocking innovation in the sport industry through additive manufacturing. *Business Process Management Journal*, 25(3), 456-475.
- Melchels, F. P. W. (2012). Celebrating three decades of stereolithography. *Virtual and Physical Prototyping*, 7(3), 173-175.

- Melchels, F., Feijen, J., & Grijpma, D. (2010). A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. *Biomaterials*, 31(24), 6121-6130.
- Memişoğlu, H., ve Tarhan, E. (2016). Sosyal bilgiler öğretmenlerinin kavram öğretimine ilişkin görüşleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(Özel Sayı 2), 6-20.
- Menano, L., vd. (2019). Integration of 3D printing in art education: A multidisciplinary approach. *Computers in the Schools*, 36(3), 222-236.
- Mertz, L. (2013a). New world of 3-D printing offers "completely new ways of thinking". *IEEE Pulse*, 4(6), 12-14.
- Mertz, L. (2013b). Dream it, design it, print it in 3-D: What can 3-D printing do for you. *IEEE Pulse*, 4(6), 15-21.
- Meşe, C. (2020). Öğretim teknolojisinin tanımlanması. İçinde S. Dinçer (Ed.), *Öğretim teknolojileri* (s. 25-40). Ankara: Pegem Akademi.
- Meteyer, S., vd. (2014). Energy and material flow analysis of binder-jetting additive manufacturing processes. *Procedia CIRP*, 15, 19-25.
- Methani, M. M., vd. (2020). Additive manufacturing in dentistry: Current technologies, clinical applications, and limitations. *Current Oral Health Reports*, 7(4), 327-334.
- Mikolajewska, E., vd. (2016). Medical and military applications of 3D printing. *Journal of Science of the Military Academy of Land Forces*, 48(1), 128-141.
- Minetola, P., vd. (2015). Impact of additive manufacturing on engineering education – evidence from Italy. *Rapid Prototyping Journal*, 21(5), 535-555.
- Miyanaji, H., vd. (2018). Process development for green part printing using binder jetting additive manufacturing. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13(4), 504-512.
- Mohammed, M. I., vd. (2018). Augmented patient-specific facial prosthesis production using medical imaging modelling and 3D printing technologies for improved patient outcomes. *Virtual and Physical Prototyping*, 13(3), 164-176.
- Mohanavel, V., vd. (2021). The roles and applications of additive manufacturing in the aerospace and automobile sector. *Materials Today: Proceedings*, 47(1), 405-409.

- Mohr, S., & Khan, O. (2015). 3D printing and supply chains of the future. In W. Kersten, T. Blecker & C. M. Ringle (Eds.), *Innovations and strategies for logistics and supply chains: Technologies, business models and risk management* (pp. 147-174). Berlin: epubli GmbH.
- Moore, J. P., & Williams, C. B. (2015). Fatigue properties of parts printed by polyjet material jetting. *Rapid Prototyping Journal*, 21(6), 675-685.
- Mouzakis, D. E. (2018). Advanced technologies in manufacturing 3D-layered structures for defence and aerospace. In C. A. Osheku (Eds.), *Lamination - theory and application* (pp. 89-113). Rijeka: InTech.
- Mpofu, T. P., Mawere, C., & Mukosera, M. (2014). The impact and application of 3D printing technology. *International Journal of Science and Research*, 3(6), 2148-2152.
- Murmura, F., & Bravi, L. (2018). Additive manufacturing in the wood-furniture sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(2), 350-371.
- Mutlu, N., Bayram, B., ve Taçyıldız, Y. (2020). Sosyal bilgiler öğretiminde öğretim teknolojisi kullanımı ile ilgili tezlerin incelenmesi. *Academic Social Studies*, 4(Özel Sayı 1), 29-38.
- Nachal, N., vd. (2019). Applications of 3D printing in food processing. *Food Engineering Reviews*, 11(3), 123-141.
- Nalçacı, A., ve Ercoşkun, M. H. (2005). İlköğretim sosyal bilgiler derslerinde kullanılan materyaller. *Atatürk Üniversitesi Kâzım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 141-154.
- Nam, C., & Sanders, E. A. (2021). Pedagogical guidance to educators in teaching sneaker design: The effectiveness of sketchbook practice. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 14(2), 194-204.
- Nazir, A., vd. (2019). A state-of-the-art review on types, design, optimization, and additive manufacturing of cellular structures. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(9-12), 3489-3510.
- Neo, M. (2003). Developing a collaborative learning environment using a web-based design. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(4), 462-473.

- Ng, O. L., & Ye, H. (2022). Mathematics learning as embodied making: Primary students' investigation of 3D geometry with handheld 3D printing technology. *Asia Pacific Education Review*, 23(2), 311-323.
- Nielson, H. (2015). Manufacturing consumer protection for 3-D printed products. *Arizona Law Review*, 57(2), 609-622.
- 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.
- Novak, J. I., & Novak, A. R. (2021). Is additive manufacturing improving performance in sports? A systematic review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 235(3), 163-175.
- Novak-Marcincin, J., vd. (2012). Application of FDM rapid prototyping technology in experimental gearbox development process. *Tehnicki Vjesnik*, 19(3), 689-694.
- Novakova-Marcincinova, L., & Novak-Marcincin, J. (2013). Selected testing for rapid prototyping technology operation. *Applied Mechanics and Materials*, 308, 25-31.
- O'Brien, E. K., vd. (2016). Use of 3D printing for medical education models in transplantation medicine: A critical review. *Current Transplantation Reports*, 3(1), 109-119.
- Oğuz, A. (2009). Öğretmen eğitimi programlarındaki uygulamaların yapılandırmacı yaklaşıma uygunluğunun öğretmen adayları görüşleriyle değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 42(1), 129-155.
- Olla, P. (2015). Opening Pandora's 3D printed box. *IEEE Technology and Society Magazine*, 34(3), 74-80.
- Oluwole, R. I. (2017). 3D printing technology - applications, benefits and areas of opportunity in Nigeria. *International Journal of Advanced Academic Research*, 3(3), 21-30.

- Öcal, F. M., ve Altıntaş, K. (2018). Dördüncü sanayi devriminin emek piyasaları üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi ve çözüm önerileri. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 8(15), 2066-2092.
- Örten, H., Keskin, Y., ve Ekici, Ö. (2017). Sosyal bilgiler dersinde materyal hazırlamanın temelleri. İçinde R. Sever ve E. Koçoğlu (Ed.), *Sosyal bilgiler öğretiminde eğitim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 67-86). Ankara: Pegem Akademi.
- Özbolat, İ. T., & Yu, Y. (2013). Bioprinting toward organ fabrication: Challenges and future trends. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60(3), 691-699.
- Özdamar, K. (2019). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi cilt 1* (11. Baskı.). Eskişehir: Nisan Kitabevi Yayınları.
- Özensoy, A. U. (2014). Sosyal bilgiler dersinde "bilim, teknoloji ve toplum" öğrenme alanıyla ilgili öğretmen görüşleri. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3, 106-115.
- Özerbaş, M. A. (2020). Öğretim teknolojileri temel kavramlar. İçinde M. A. Özerbaş (Ed.), *Öğretim teknolojileri* (s. 1-42). Ankara: Pegem Akademi.
- Özkılıç, R. (2013). İletişim. İçinde M. Sarıtaş (Ed.), *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 17-36). Ankara: Pegem Akademi.
- Özsoy, K. (2019). Üç boyutlu (3B) baskı teknolojisinin eğitimde uygulanabilirliği: Senirkent MYO örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 111-123.
- Özsoy, K., vd. (2020). 3B yazıcı teknolojisi için topoloji optimizasyonu: N95 maske üzerine bir çalışma. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 152-159.
- Özsoy, K., ve Duman, B. (2017). Eklemeli imalat (3 boyutlu baskı) teknolojilerinin eğitimde kullanılabilirliği. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1), 36-48.
- Öztürk, C. (2015). Sosyal bilgiler: Toplumsal yaşama disiplinlerarası bir bakış. İçinde C. Öztürk (Ed.), *Sosyal bilgiler öğretimi: Demokratik vatandaşlık eğitimi* (s. 1-31). Ankara: Pegem Akademi.
- Palmer, M. (2015). Ship a design, not a product! Is 3D printing a threat to export controls? *WorldECR*, 43, 30-31.

- Pandey, M., vd. (2020). 3D printing for oral drug delivery: A new tool to customize drug delivery. *Drug Delivery and Translational Research*, 10(4), 986-1001.
- Park, J. S., vd. (2016). Effect of heat treatment on the characteristics of tool steel deposited by the directed energy deposition process. *Metals and Materials International*, 22(1), 143-147.
- Parsons, D. (2013). Future of rapid equipping force remains in doubt. *National Defense*, 98(721), 22-25.
- Paul, G. M., vd. (2018). Medical applications for 3D printing: Recent developments. *Missouri Medicine*, 115(1), 75-81.
- Pearson, G., & Young, A. T. (Eds.). (2002). *Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology*. Washington, DC: National Academy Press.
- Pelz, J. S., vd. (2021). Additive manufacturing of structural ceramics: A historical perspective. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 670-695.
- Perkins, I., & Skitmore, M. (2015). Three-dimensional printing in the construction industry: A review. *International Journal of Construction Management*, 15(1), 1-9.
- Petrack, I. J., & Simpson, T. W. (2013). 3D printing disrupts manufacturing: How economies of one create new rules of competition. *Research-Technology Management*, 56(6), 12-16.
- Pfähler, K., Morar, D., & Kemper, H. G. (2019). Exploring application fields of additive manufacturing along the product life cycle. *Procedia CIRP*, 81, 151-156.
- Pham, D. T., & Gault, R. S. (1998). A comparison of rapid prototyping technologies. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 38(10-11), 1257-1287.
- Pîrjan, A., & Petroşanu, D. M. (2013). The impact of 3D printing technology on the society and economy. *Journal of Information Systems & Operations Management*, 7(2), 360-370.
- Polat, S., ve Özcan, A. (2014). Akıllı tahta kullanımıyla ilgili sınıf öğretmenlerinin görüşleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 22(2), 439-455.

- Pontes, A. J. (2021). Designing for additive manufacturing. In A. S. Pouzada (Eds.), *Design and manufacturing of plastics products: Integrating conventional methods with additive manufacturing* (pp. 249-292). Cambridge: William Andrew.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *MCB University Press*, 9(5), 1-6.
- Priarone, P. C., vd. (2018). Laser powder bed fusion (L-PBF) additive manufacturing: On the correlation between design choices and process sustainability. *Procedia CIRP*, 78, 85-90.
- Quan, H., vd. (2020). Photo-curing 3D printing technique and its challenges. *Bioactive Materials*, 5(1), 110-115.
- Quigley, N., & Lyne, J. E. (2014). Development of a three-dimensional printed, liquid-cooled nozzle for a hybrid rocket motor. *Journal of Propulsion and Power*, 30(6), 1726-1727.
- Rajkumari, K., Chandra, P., & Balaji, P. (2018). Three-dimensional printing – a revolutionary technology. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 12(12), 12-18.
- Ramya, A., & Vanapalli, S. L. (2016). 3D printing technologies in various applications. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 7(3), 396-409.
- Rayna, T., & Striukova, L. (2016). From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting & Social Change*, 102, 214-224.
- Reddy, K. S., & Dufera, S. (2016). Additive manufacturing technologies. *BEST: International Journal of Management, Information Technology and Engineering*, 4(7), 89-112.
- Renu, N. (2021). Technological advancement in the era of COVID-19. *SAGE Open Medicine*, 9, 1-4.
- Rimmer, M. (2019). Clearcorrect: Intellectual property, 3D printing, and the future of trade. *Gonzaga Journal of International Law*, 23(1), 55-96.

- Rosales, C. A. G., vd. (2019). Characterization of shape memory polymer parts fabricated using material extrusion 3D printing technique. *Rapid Prototyping Journal*, 25(2), 322-331.
- Rosenkrantz, J., & Louis-Rosenberg, J. (2017). Dress/code democratising design through computation and digital fabrication. *Architectural Design*, 87(6), 48-57.
- Ruan, J., vd. (2007). Automated slicing for a multiaxis metal deposition system. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 129(2), 303-310.
- Saad, R. M. (2016). The revolution of materials used in 3D printing applications in furniture & interior design. *International Design Journal*, 6(3), 143-163.
- Saban, A. (2022). Öğretim teknolojisi ve materyal tasarımı ile ilgili temel kavramlar. İçinde K. Selvi (Ed.), *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 43-70). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Sachdeva, I., vd. (2022). Computational AI models in VAT photopolymerization: A review, current trends, open issues, and future opportunities. *Neural Computing and Applications*, 34(20), 17207-17229.
- Saçlı, A. (2017). Uluslararası çevre ve teknoloji politikaları. *Cappadocia Journal of History and Social Sciences*, 8, 316-327.
- Salifu, S., vd. (2022). Recent development in the additive manufacturing of polymer-based composites for automotive structures-a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(11-12), 6877-6891.
- Salmi, M., vd. (2016). Effect of build orientation in 3D printing production for material extrusion, material jetting, binder jetting, sheet object lamination, vat photopolymerisation, and powder bed fusion. *International Journal of Collaborative Enterprise*, 5(3-4), 218-231.
- Sandgren, H. R., vd. (2016). Characterization of fatigue crack growth behavior in LENS fabricated Ti-6Al-4V using high-energy synchrotron x-ray microtomography. *Additive Manufacturing*, 12(Part A), 132-141.
- Saorin, J. L., vd. (2017). Three-dimensional interpretation of sculptural heritage with digital and tangible 3D printed replicas. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 16(4), 161-169.

- Sarıtaş, M. (2013). Öğretimde yararlanılan araç-gereçler ve etkili kullanımı. İçinde M. Sarıtaş (Ed.), *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 55-102). Ankara: Pegem Akademi.
- Sarvankar, S. G., & Yewale, S. N. (2019). Additive manufacturing in automobile industry. *International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering*, 7(4), 1-10.
- Schmitt, M., vd. (2018). Examination of the processability of 16MnCr5 by means of laser powder bed fusion. *Procedia CIRP*, 74, 76-81.
- Schubert, C., Van Langeveld, M. C., & Donoso, L. A. (2014). Innovations in 3D printing: A 3D overview from optics to organs. *British Journal of Ophthalmology*, 98(2), 159-161.
- Schuh, G., vd. (2020). Feature-based print method for multi-axis material extrusion in additive manufacturing. *Procedia CIRP*, 93, 85-89.
- Seçgin, F., ve Doğan, M. (2019). Sosyal bilgiler dersi 5. Sınıf “ilkçağ uygarlıkları” konularının öğretiminde hikâye destekli öğretim yönteminin etkililiği. *Turkish History Education Journal*, 8(1), 290-316.
- Seferoğlu, S. S. (2015). Okullarda teknoloji kullanımı ve uygulamalar: Gözlemler, sorunlar ve çözüm önerileri. *Artı Eğitim*, 123, 90-91.
- Selçuk, F. A., ve Zengin, A. T. (2021). Bilgisayar destekli teknik tasarım dersleri için açık kaynak kodlu müfredat önerisi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 26-29.
- Seppala, J. E., vd. (2017). Weld formation during material extrusion additive manufacturing. *Soft Matter*, 13(38), 6761-6769.
- Sever, R. (2017). *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı: Tasarım örnekleri* (3. Baskı.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Sever, R. (2020). Alternatif yaklaşımlarla sosyal bilgiler öğretimi ile ilgili temel kavramlar. İçinde R. Sever, M. Aydın ve E. Koçoğlu (Ed.), *Alternatif yaklaşımlarla sosyal bilgiler eğitimi* (s. 1-12). Ankara: Pegem Akademi.
- Sezer, H., ve Şahin, H. (2016). 3D baskı materyalinin eğitimde kullanımı: Qua vadis? *Tıp Eğitimi Dünyası*, 15(46), 5-13.

- Shah, J., vd. (2019). Large-scale 3D printers for additive manufacturing: Design considerations and challenges. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(9-12), 3679-3693.
- Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286-1296.
- Sher, D., & Tuto, X. (2015). Review of 3D food printing. *Temes de Disseny*, 31, 104-117.
- Silver, A. (2019). Five innovative ways to use 3D printing in the laboratory. *Nature*, 565(7737), 123-124.
- Singh, R., vd. (2020). Powder bed fusion process in additive manufacturing: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 26(2), 3058-3070.
- Sireesha, M., vd. (2018). A review on additive manufacturing and its way into the oil and gas industry. *RSC Advances*, 8(40), 22460-22468.
- Sirichakwal, I., & Conner, B. (2016). Implications of additive manufacturing for spare parts inventory. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 3(1), 56-63.
- Smith, B., & Mader, J. (2017). Science 2.0: Use 3D printers to teach design thinking. *The Science Teacher*, 84(8), 8.
- Smith, C. F., vd. (2018). Take away body parts! An investigation into the use of 3D-printed anatomical models in undergraduate anatomy education. *Anatomical Sciences Education*, 11(1), 44-53.
- Song, J. S., & Zhang, Y. (2020). Stock or print? Impact of 3D printing on spare parts logistics. *Management Science*, 66(9), 3860-3878.
- Sood, A. K., vd. (2012). An investigation on sliding wear of FDM built parts. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 5(1), 48-54.
- Soylu, T., ve Memişoğlu, H. (2019). Sosyal bilgiler öğretmenlerinin kavram öğretimine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 5(4), 464-484.
- Sönmez, A., Budakçı, M., ve Yakın, M. (2004). Ağaç malzemede su çözücülü vernik uygulamalarının sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma direncine etkileri. *Politeknik Dergisi*, 7(3), 229-235.

- Sönmez, V., ve Alacapınar, F. G. (2019). *Örneklendirilmiş bilimsel araştırma yöntemleri* (7. Baskı.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Sözen, E., ve Ada, S. (2018). 2005 ve 2018 4. Sınıf sosyal bilgiler dersi öğretim programlarının (SBDÖP) karşılaştırılması. *Anadolu Eğitim Liderliği ve Öğretim Dergisi*, 6(1), 53-71.
- Spahiu, T., vd. (2017). Effects of 3D printing on textile fabric. *Engineering and Entrepreneurship*, 1(1), 1-7.
- Spahiu, T., Canaj, E., & Shehi, E. (2020). 3D printing for clothing production. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1-8.
- Sreehitha, V. (2017). Impact of 3D printing in automotive industries. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 5(2), 91-94.
- Stemp-Morlock, G. (2010). Personal fabrication. *Communications of the ACM*, 53(10), 14-15.
- Stojanovic, G., vd. (2014). Combining rapid prototyping techniques in mechanical engineering and electronics for realization of a variable capacitor. *Rapid Prototyping Journal*, 20(2), 115-120.
- Sturm, L. D., vd. (2019). In situ monitoring of material jetting additive manufacturing process via impedance based measurements. *Additive Manufacturing*, 28, 456-463.
- Sun, J., vd. (2015a). An overview of 3D printing technologies for food fabrication. *Food and Bioprocess Technology*, 8(8), 1605-1615.
- Sun, J., vd. (2015b). A review on 3D printing for customized food fabrication. *Procedia Manufacturing*, 1, 308-319.
- Sun, Q., vd. (2008). Effect of processing conditions on the bonding quality of FDM polymer filaments. *Rapid Prototyping Journal*, 14(2), 72-80.
- Surange, V. G., & Gharat, P. V. (2016). 3D printing process using fused deposition modelling (FDM). *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(3), 1403-1406.

- Svetlizky, D., vd. (2021). Directed energy deposition (DED) additive manufacturing: Physical characteristics, defects, challenges and applications. *Materials Today*, 49, 271-295.
- Svoboda, J., Tauber, J., & Zach, M. (2019). 3D print application in furniture manufacturing. In R. Chobanova (Eds.), *Digitalisation and circular economy: Forestry and forestry based industry implications* (pp. 131-140). Sofia: USB & WoodEMA.
- Sypros, P., vd. (2021). The effect of 3D printing technology on primary school students' content knowledge, anxiety and interest toward science. *International Journal of Educational Innovation*, 3(1), 38-50.
- Şahin, B. (2014). Metodoloji. İçinde A. Tanrıöğen (Ed.), *Bilimsel araştırma yöntemleri* (s. 109-130). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Şahin, Ç., ve Karakuş, G. (2019). Katılımcıları seçme: Evren ve örneklem. İçinde G. Ocak (Ed.), *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri* (s. 179-216). Ankara: Pegem Akademi.
- Şahin, K., ve Turan, B. O. (2018). Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin karşılaştırmalı analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 97-116.
- Şahin, M. (2015). Öğretim materyallerinin öğrenme-öğretme sürecindeki işlevine ilişkin öğretmen görüşlerinin analizi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 995-1012.
- Şen, M. (2020). Teknolojik öğretim araçları ve özellikleri. İçinde E. Ültay ve N. Ültay (Ed.), *Okul öncesi eğitimi için öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme* (s. 83-110). Ankara: Pegem Akademi.
- Şengel, E., Koçak, F., ve Gülerüz, B. G. (2019). Öğrencilerin tasarım becerilerinin değerlendirilmesi: 3B tasarım dersi örneği. *Turkish Studies-Information Technologies and Applied Sciences*, 14(4), 641-654.
- Tadesse, M. G., vd. (2018). 3D printing of ninjaflex filament onto PEDOT: PSS-coated textile fabrics for electroluminescence applications. *Journal of Electronic Materials*, 47(3), 2082-2092.
- Tadjdeh, Y. (2014). 3D printing promises to revolutionize defense, aerospace industries. *National Defense*, 98(724), 20-23.

- Tağ Kalafatoğlu, Ş. (2019). Belgesel drama filmlerin eğitsel amaçlarla kullanımı. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 391-403.
- Tahiroğlu, M., ve Aktepe, V. (2015). 4. Ve 5. Sınıf sosyal bilgiler dersi motivasyon ölçeği formunun geçerlilik ve güvenilirlik çalışması. *Turkish Studies*, 10(3), 907-932.
- Tan, Ş. (2019). Öğretimin materyallerle desteklenmesi. İçinde Ş. Tan (Ed.), *Öğretim ilke ve yöntemleri* (s. 219-254). Ankara: Pegem Akademi.
- Tang, Z. J., vd. (2020). A review on in situ monitoring technology for directed energy deposition of metals. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 108(11-12), 3437-3463.
- Tarakçıoğlu, A. Ö. (2012). Yabancı dil öğretiminde materyal geliştirme, materyal uyarlama ve materyal kullanımının önemi. İçinde A. Sarıçoban ve Z. M. Tavil (Ed.), *Yabancı dil öğretiminde öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 1-18). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Tatar, E., Zengin, Y., ve Kağızmanlı, T. B. (2013). Dinamik matematik yazılımı ile etkileşimli tahta teknolojisinin matematik öğretiminde kullanımı. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 4(2), 104-123.
- Tekmen, B. (2020). Öğretim araç gereçlerin teorik temelleri. İçinde E. Ültay ve N. Ültay (Ed.), *Okul öncesi eğitimi için öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme* (s. 41-60). Ankara: Pegem Akademi.
- Terrazas, C. A., vd. (2014). Multi-material metallic structure fabrication using electron beam melting. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1-4), 33-45.
- Terry, S., Fidan, İ., & Tantawi, K. (2021). Preliminary investigation into metal-material extrusion. *Progress in Additive Manufacturing*, 6(1), 133-141.
- Thomas, D. (2016). Costs, benefits, and adoption of additive manufacturing: A supply chain perspective. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85(5-8), 1857-1876.
- Thong, C. S. S., & Wen, C. W. (2016). 3D printing - revolutionising military operations. *Journal of the Singapore Armed Forces*, 42(2), 35-46.

- Tofail, S. A. M., vd. (2018). Additive manufacturing: Scientific and technological challenges, market uptake and opportunities. *Materials Today*, 21(1), 22-37.
- Togay, A., vd. (2017, 3-4 April). *The case of digital design and fabrication lab in product design education; Gazi DLAB* [Sözlü Bildiri]. International Symposium on 3D Printing Technologies, İstanbul.
- Tolochko, N. K., & Sokol, O. V. (2021). Assessing the economic effectiveness of additive sheet lamination. *Russian Engineering Research*, 41(1), 5-9.
- Tonga, D. (2019). 2005 ve 2017 sosyal bilgiler öğretim programı: Benzerlikler ve farklılıklar. *Diyalektolog - Sosyal Bilimler Dergisi*, 22, 83-100.
- Toprak, İ., ve Demirel, Ş. (2018). 2006, 2015 ve 2017 yıllarında uygulanan Türkçe dersi öğretim programları'ndaki (ortaokul) yazma kazanımlarının değerlendirilmesi. *Turkish Studies-Educational Sciences*, 13(27), 1477-1490.
- Topuz, A. C., ve Göktaş, Y. (2015). Türk eğitim sisteminde teknolojinin etkin kullanımı için yapılan projeler: 1984-2013 dönemi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 8(2), 99-110.
- Torrado, A. R., vd. (2015). Characterizing the effect of additives to ABS on the mechanical property anisotropy of specimens fabricated by material extrusion 3D printing. *Additive Manufacturing*, 6, 16-29.
- Tran, J. L. (2016). 3D-printed food. *Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, 17(2), 855-880.
- Tu, J. C., & Chiang, Y. H. (2016). The influence of design strategy of peer learning on 3-D software learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(5), 1263-1271.
- Turan, İ. (2020). Tarih öğretiminde bilişim teknolojileri. İçinde İ. H. Demircioğlu ve İ. Turan (Ed.), *Tarih öğretiminde öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (s. 233-250). Ankara: Pegem Akademi.
- Turan, S. (2019). 2018 sosyal bilgiler öğretim programının disiplinlerarası yapısının incelenmesi. *Sosyal Bilgilerde Yenilikçi Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 166-190.

- Turner, B. N., & Gold, S. A. (2015). A review of melt extrusion additive manufacturing processes: II. Materials, dimensional accuracy, and surface roughness. *Rapid Prototyping Journal*, 21(3), 250-261.
- Turner, H., vd. (2017). Using 3D printing to enhance understanding and engagement with young audiences: Lessons from workshops in a museum. *Curator The Museum Journal*, 60(3), 311-333.
- Tutar, H., ve Erdem, A. T. (2020). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (1. Baskı.). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Türkmenoğlu, H., ve Atalar, D. (2020). Arayüz tasarımında kullanıcı deneyimi amaçlı prototip tasarımı. *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, 9(70), 1041-1046.
- Uça Güneş, E. P. (2016). Toplumsal değişim, teknoloji ve eğitim ilişkisinde sosyal ağların yeri. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 191-206.
- Udroiu, R., & Mihail, L. A. (2009). Experimental determination of surface roughness of parts obtained by rapid prototyping. In C. A. Bulucea, V. Mladenov, E. Pop, M. Leba & N. Mastorakis (Eds.), *Recent advances in circuits, systems, electronics, control and signal processing* (pp. 283-286). Tenerife: WSEAS Press.
- Ukobitz, D., & Faillant, R. (2021). Leveraging 3D printing technologies: The case of Mexico's footwear industry. *Research-Technology Management*, 64(2), 20-30.
- Ulusoy, K., ve Gülüm, K. (2009). Sosyal bilgiler dersinde tarih ve coğrafya konuları işlenirken öğretmenlerin materyal kullanma durumları. *Ahi Evran Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 85-99.
- Upadhyay, M., Sivarupan, T., & El Mansori, M. (2017). 3D printing for rapid sand casting-a review. *Journal of Manufacturing Processes*, 29, 211-220.
- Ursan, I. D., Chiu, L., & Pierce, A. (2013). Three-dimensional drug printing: A structured review. *Journal of the American Pharmacists Association*, 53(2), 136-144.
- Ünal, Ç., ve Çelikkaya, T. (2009). Yapılandırmacı yaklaşımın sosyal bilgiler öğretiminde başarı, tutum ve kalıcılığa etkisi (5. Sınıf örneği). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 197-212.

- Ünal, F., ve Er, H. (2017). Öğretmen adaylarının sosyal bilgiler dersinde öğretimi zor olan soyut kavramlara ilişkin bilişsel yapılarının incelenmesi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 6-24.
- Ünlü, M. (2021). Örneklerle matematik eğitiminde materyal tasarımı ve kullanımı (1. Baskı.). Ankara: Pegem Akademi.
- Vaezi, M., vd. (2013). Multiple material additive manufacturing - part 1: A review. *Virtual and Physical Prototyping*, 8(1), 19-50.
- Vaish, A., & Vaish, R. (2018). 3D printing and its applications in orthopedics. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 9(1), 74-75.
- Ventola, C. L. (2014). Medical applications for 3D printing: Current and projected uses. *Pharmacy and Therapeutics*, 39(10), 704-711.
- Vock, S., vd. (2019). Powders for powder bed fusion: A review. *Progress in Additive Manufacturing*, 4(4), 383-397.
- Wagner, T. (2008). Rigor redefined. *Educational Leadership*, 66(2), 20-25.
- Walther, G. (2015). Printing insecurity? The security implications of 3D-printing of weapons. *Science and Engineering Ethics*, 21(6), 1435-1445.
- Wang, L., & Wang, G. (2016). Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and industry 4.0. *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 6(4), 1-8.
- Watters, M. P., & Bernhardt, M. L. (2017). Modified curing protocol for improved strength of binder-jetted 3D parts. *Rapid Prototyping Journal*, 23(6), 1195-1201.
- Whitaker, M. (2014). The history of 3D printing in healthcare. *The Bulletin*, 96(7), 228-229.
- Wieczorek, A. (2017). Impact of 3D printing on logistics. *Research in Logistics & Production*, 7(5), 443-450.
- Wimpenny, D. I., Bryden, B., & Pashby, I. R. (2003). Rapid laminated tooling. *Journal of Materials Processing Technology*, 138(1-3), 214-218.
- Wonjin, J., vd. (2016). Introduction of 3D printing technology in the classroom for visually impaired students. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 110(2), 115-121.

- Wu, P., Wang, J., & Wang, X. (2016). A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry. *Automation in Construction*, 68, 21-31.
- Xu, X., vd. (2015). Energy consumption model of binder-jetting additive manufacturing processes. *International Journal of Production Research*, 53(23), 7005-7015.
- Xu, X., vd. (2021). Vat photopolymerization 3D printing for advanced drug delivery and medical device applications. *Journal of Controlled Release*, 329, 743-757.
- Ya, W., & Hamilton, K. (2018). On-demand spare parts for the marine industry with directed energy deposition: Propeller use case. In M. Meboldt & C. Klahn (Eds.), *Industrializing additive manufacturing-proceedings of additive manufacturing in products and applications-AMPA2017* (pp. 70-81). Cham: Springer.
- Yang, Q., vd. (2016). Finite element modeling and validation of thermomechanical behavior of Ti-6Al-4V in directed energy deposition additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, 12(Part B), 169-177.
- Yanpar Yelken, T. (2009). Öğretmen adaylarının portfolyoları üzerinde grup olarak yaratıcılık temelli materyal geliştirmenin etkileri. *Eğitim ve Bilim*, 34(153), 83-98.
- Yanpar Yelken, T. (2017). *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (14. Baskı.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Yanpar Yelken, T. (2021). *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı* (15. Baskı.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Yavuz, S., ve Coşkun, A. E. (2008). Sınıf öğretmenliği öğrencilerinin eğitimde teknoloji kullanımına ilişkin tutum ve düşünceleri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 276-286.
- Yavuz Konokman, G. (2019). Dijital öğretim teknolojilerinin hazırlanması ve eğitsel ortamlarda kullanımı: Dijital öyküleme ve dijital kavram haritası. İçinde T. Yanpar Yelken (Ed.), *Öğretim teknolojileri* (s. 65-98). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Yazar, İ. (2019). Yapılandırmacılık bağlamında 2005-2018 temel eğitim Türkçe programları. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(64), 129-136.
- Yeşiltaş, E., ve Cevher, S. (2018). Sosyal bilgiler öğretiminde interaktif infografik kullanımının etkililiği. *Zeitschrift für die Welt der Türken*, 10(3), 218-233.

- Yılar, M. B., ve Tağrikulu, P. (2020). Sosyal bilgilerde öğrenme ve öğretim yaklaşımları. İçinde T. Çelikkaya, Ç. Öztürk Demirbaş, T. Yıldırım ve H. Yakar (Ed.), *Yeni program ve ders içeriklerine göre sosyal bilgiler öğretimi I* (s. 47-96). Ankara: Pegem Akademi.
- Yıldırım, G., Yıldırım, S., ve Çelik, E. (2018). Yeni bir bakış – 3 boyutlu yazıcılar ve öğretimsel kullanımı: Bir içerik analizi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 163-184.
- Yıldız, D., ve Metin, M. (2020). Türkçe öğretmenlerinin teknolojik öğrenme ortamlarını kullanma durumları. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 9(2), 144-155.
- Yıldız, Ö., ve Dal, M. (2016). İnşaat mühendisliği uygulamalarında su-nem kaynaklı hasarların değerlendirilmesi. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 4(1), 25-37.
- Yılmaz, M., ve Algil, M. (2018). Matematik öğretim materyallerinin 3D yazıcılarla üretimi ve eğitimciye sağladığı katkılar. *Journal of Awareness*, 3(4), 41-52.
- Yuran, A. F., ve Yavuz, İ. (2021). Endüstri 4.0 ve 3 boyutlu yazıcıların karşılaştırılması. *Mühendis ve Makina*, 62(704), 580-606.
- Yürektürk, F. N., ve Coşkun, H. (2020). Türkçe öğretmenlerinin teknoloji kullanımına ve teknoloji destekli Türkçe öğretiminin etkililiğine dair görüşleri. *Ana Dili Eğitimi Dergisi*, 8(3), 986-1000.
- Zampollo, F., vd. (2012). Food plating preferences of children: The importance of presentation on desire for diversity. *Acta Paediatrica*, 101(1), 61-66.
- Zastrow, M. (2020). 3D printing gets bigger, faster and stronger. *Nature*, 578(7793), 20-24.
- Zhai, Y., Lados, D. A., & LaGoy, J. L. (2014). Additive manufacturing: Making imagination the major limitation. *The Minerals, Metals & Materials Society*, 66(5), 808-816.
- Zhang, F., vd. (2019). Reactive material jetting of polyimide insulators for complex circuit board design. *Additive Manufacturing*, 25, 477-484.
- Zhang, Y., vd. (2018). Additive manufacturing of metallic materials: A review. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 27(1), 1-13.

Zindani, D., & Kumar, K. (2019). An insight into additive manufacturing of fiber reinforced polymer composite. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, 2(4), 267-278.



DİZİN

-4-

4. ve 5. Sınıf sosyal bilgiler dersi
motivasyon ölçeği, 193

-A-

Adrian Bowyer, 19
AutoCAD, 21

-B-

Baese, 18
Başarı, v, ix, xi, 96, 97, 100, 102, 103,
104, 115, 116, 122, 137, 138, 139
Binder Jetting, viii, xiii, 26, 27

-C-

Carl Deckard, 18
Charles Hull, xiii, 18, 19, 44
Ciraud, 18
Coğrafya, 167, 168

-D-

Deney grubu, 70, 75, 76, 105, 109, 120,
123
DiMatteo, 17
Directed energy deposition, 30, 158,
192

-E-

Edgar Dale, 87
Eklemeli imalat, 163, 185
Emanuel Sachs, 18

-F-

Fab@Home, 19, 180
Filament, xv, 13, 28
Fotopolimer, 13, 24
François Willème, 18
Fusion 360, 21

-G-

Gaskin, 17
GrabCAD, 21

-H-

Hideo Kodama, 18
Hod Lipson, 19

-K-

Kişiyeye özel üretim, 43, 54
Kontrol grubu, 73, 77, 110, 120, 122

-L-

Laminasyon, 13

-M-

Material Extrusion, viii, xiii, 27, 28
Material Jetting, viii, xiii, 31, 32
Matsubara, 17
Monteah, 18
Morioka, 18
Motivasyon, 4, 5, v, ix, xi, 96, 113, 120,
131, 132, 133
Munz, 18
MyMiniFactory, 21

-N-

Nakagawa, 18
Nozul, 13

-P-

Perera, 17
Piaget, 9, 85, 98
Polimer, 13, 166
Polyjet, 32
Powder bed fusion, 25, 190
Prototip, 3, 13

-R-

Reçine, 13
Replicating Rapid Prototyper (RepRap),
19

-S-

Scott Crump, 19
Shapeways, 21
Sheet lamination, 29
SketchUp, 21
SolidWorks, 21
Sosyal bilgiler, 5, 6, 9, 11, 85, 86, 87,
88, 119, 158, 159, 160, 161, 168, 171,
175, 176, 181, 182, 183, 185, 189,
190, 195, 197, 198
Sosyal bilgiler dersi, 5, 6, 9, 12, 87, 88,
159, 181, 185, 189, 195
Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı,
83, 85, 87, 88, 98
Sosyal bilgiler eğitimi, 175
Sosyal bilgiler öğretimi, 85, 86, 158,
160, 176, 183, 185, 197
Swainson, 18

-T-

Thingiverse, 21
Tinkercad, xiii, 13, 21, 106, 168
Tutum, 4, 5, v, ix, xi, 63, 97, 114, 115,
122, 134, 135, 136

-Ü-

Üç boyutlu baskı, 20, 35, 50, 51, 52, 58,
59, 60, 61
Üç boyutlu tasarım, 13
Üç boyutlu yazıcı, 2, 4, 5, 6, 7, 11, 13,
15, 19, 20, 23, 33, 34, 35, 36, 37, 38,
39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49,
50, 51, 53, 55, 56, 58, 65, 66, 67, 68,
69, 70, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 86, 87,
88, 92, 93, 98, 160, 171, 192

-V-

Vat photopolymerization, 24, 197

-Z-

Zang, 17