



T.C.

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

**ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN EĞİTİMDE KULLANIMI: ÖĞRENCİLER
ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEZGİN KÜÇÜKSOLAK

DANIŞMAN

Doç.Dr. Hülya BAKIRTAŞ

AKSARAY 2019



T.C.

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

**ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN EĞİTİMDE KULLANIMI: ÖĞRENCİLER
ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEZGİN KÜÇÜKSOLAK

DANIŞMAN

Doç.Dr. Hülya BAKIRTAŞ

AKSARAY 2019

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU

Bu tezin tüm hakları saklıdır. Kaynak göstermek koşuluyla tezin teslim tarihinden itibaren 12 (oniki) ay sonra tezden fotokopi çekilebilir.

YAZARIN

Adı: Sezgin

Soyadı: KÜÇÜKSOLAK

Bölümü: Yönetim Bilişim Sistemleri

İmza:

Teslim Tarihi :

TEZİN

Türkçe Adı: Üç Boyutlu Yazıcıların Eğitimde Kullanımı: Öğrenciler Üzerine Bir Uygulama

İngilizce Adı: Usage of Three-Dimensional Printers in Education: An Application on Students

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Yazar Adı Soyadı: Sezgin Küçüksolak

İmza:.....

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JÜRİ ONAY SAYFASI

Sezgin Küçükşolak tarafından hazırlanan “Üç Boyutlu Yazıcıların Eğitimde Kullanımı: Öğrenciler Üzerine Bir Uygulama ” başlıklı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Aksaray Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Hülya BAKIRTAŞ
Yönetim Bilişim Sistemleri, Aksaray Üniversitesi

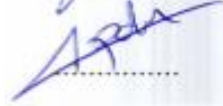
İMZA



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Zümrüt DEMİREL
Bankacılık Finans, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi



Üye: Dr. Öğr. Üyesi F. Kadir PALA
Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Aksaray Üniversitesi



Tez Savunma Tarihi: 30/05/2019

Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 11/07/2019 tarih ve 2019/28-12 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Öğrencinin
Sezgin Küçükşolak

İmza



Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü
Doç. Dr. Sevilay USLU DİVANOĞLU

İmza



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim sürem boyunca kendisinden çok şey öğrendiğim ve örnek aldığım, bu çalışmanın gerçekleşmesinde değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, emeğini hiç esirgemeyen çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Hülya BAKIRTAŞ'a, saha araştırması boyunca yardımlarını esirgemeyen İzmit Belediyesi Üç Boyutlu Yazıcı ve Tasarım Merkezi çalışanlarına ve hayatımın her evresinde yanımda olup, beni destekleyen aileme ve hayatımı güzelleştiren tüm sevdiklerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2019

Sezgin KÜÇÜKSOLAK

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN EĞİTİMDE KULLANIMI: ÖĞRENCİLER
ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

Yüksek Lisans Tezi

Aksaray, 2019

Sezgin Küçüksolak

ÖZET

Günümüzde ürün prototipleme ve baskı hizmetlerindeki hız ve maliyet unsurunu en verimli gerçekleştirmede kullanılacak teknoloji sistemlerinden birisi üç boyutlu yazıcılardır. Üç boyutlu yazıcılar, birçok farklı malzemeyi kullanarak üç boyutlu modeli katmanlarına ayırır, böylece tasarlanan bir modeli katman katman işleyerek gerçek bir model olarak ortaya çıkarır. Bu yöntemin tüm sektörler içinde yapılabilecek prototipler için uygulanması mümkündür. Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin özellikle FeTeMM’de kullanılması, öğrencilerin uygulama ve gözlem yapmasına imkan verir. Bu yolla öğrencilerin hem hayal güçlerinin hem de yaratıcılıklarının gelişmesi mümkün olur.

Bu araştırma, üç boyutlu yazıcı teknolojisini anahtarlık tasarımı ve baskısıyla ilk defa deneyimleyecek olan ortaokul ve lise öğrencilerinin bu teknolojiye yönelik algı, tutum ve davranışlarının ortaya çıkarılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Saha araştırması; İzmit Belediyesi Üç Boyutlu Yazıcı ve Tasarım Merkezi’nde ortaokul ve lise öğrencileri ile 2018 Ocak-Haziran ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Geleneksel anket tekniği ile veriler toplanmıştır. Anket çalışmasına 600 kişi katılmıştır. Fakat öğrenci gruplarının gelişi güzel ve yanlış cevapları doğrultusunda 125 adet anket değerlendirme dışı bırakılmıştır. Tüm değerlendirmeler sonucunda çalışma 475 katılımcı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda öğrenciler, üç boyutlu yazıcı teknolojisini ilginç ve heyecan verici bulduğunu, bu eğitimi sıkıcı bulmadıklarını belirtmiştir. Ayrıca öğrencilerin bu eğitimi yeniden almak istediklerine ilişkin ifadelerle katılım düzeyinin yüksek olması, eğitime yönelik olumlu bir tutuma sahip olduklarının bir göstergesidir. Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı algılarının eğitim öncesinde düşük olması, eğitim süreci sonunda kısmen yükselmesi, uygulama sonunda tamamen yükselmesi, bu teknolojiye ilişkin algılarının eğitim ve uygulamayla değiştiğini göstermektedir. Ayrıca araştırma kapsamında, ortaokul ve lise eğitim düzeyindeki öğrencilerin, demografik özelliklerine göre üç boyutlu yazıcı teknolojisine karşı niyetinin, tutumunun, gözleminin, eğitim öncesi, eğitim süreci sonu ve uygulama sonrası algılarının farklılık gösterip göstermediği ortaya konmuştur. Analiz bulgularına göre tutum ve eğitim

öncesi algısı, öğrencilerin yaş, eğitim ve sınıf düzeyi açısından farklılaştığı, eğitim süreci sonrası algısının ise yaş ve eğitim düzeyi açısından farklılaştığı görülmektedir. Araştırma kapsamında öğrencilerin eğitime geldiği gün ve saatin; üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutumuna, niyetine, eğitim öncesi, eğitim süreci sonu ve uygulama sonrası algısı üzerindeki etkisinin, öğrencilerin ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemlediklerinin; üç boyutlu yazıcı teknolojisi niyet ve tutumu üzerindeki etkisinin son olarakda öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim sonrası algısının; üç boyutlu yazıcı teknolojisi niyeti üzerindeki etkisinin analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz bulgularına göre; eğitime geline gün yalnızca, eğitim süreci sonrası öğrenci algısı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Eğitime katılınan saat aralığının ise, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyeti ve tutumu üzerinde istatistiksel anlamlı bir etkiye sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, teknoloji deneyimi, teknoloji eğitimi, teknoloji algısı, teknoloji tutumu



AKSARAY UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES

**USAGE OF THREE-DIMENSIONAL PRINTERS IN EDUCATION:
AN APPLICATION ON STUDENTS**

M. S Thesis

Aksaray, 2019

Sezgin KÜÇÜKSOLAK

ABSTRACT

Today three dimensional printers are one of the technological system for implementing product prototyping and printing services efficiently in time and cost. By processing a various types of materials three dimensional printers layer the three dimensional model thus it creates a genuine model by processing the model layer by layer. This method is appropriate for applying on all prototypes at every sectors. Especially, the use of the technology on STEM educational (training) zone enables the students to practice and observe thus it contributes to their visions and creativeness.

This study has been carried out in order to find out the behaviour, attitudes, approaches of the secondary school and high school students towards the three dimensional technology for the first time by designing and printing a key holder. The field research was carried out with secondary school and high school students at Three Dimensional Printing And Designing Center Of İzmit Municipality between January and June, 2018. The data was a collected by a conventional survey technique. 600 students participated in the survey, but 125 questionnaire was excluded from the research for the reason of irrelevant and incorrect returns of the students. The complete survey was carried out with 475 participants. For the survey the students showed on interesting and inspring approach to the technology not boring. Also the expressions that the students tend to participate in the training over again indicate that the students have a positive attitude towards the training course. After the training course and the applications it shows that the students' approach towards the technology that was low pre-training, partly high while the post-training and in a very promising rate post-applicaton has changed significantly. The extent of the research also try to point out whether the intentions, attitudes and observations of the students, their perceptions pre-training, post-training and post-application differs by their demographic characteristics or not. According to the analysis results the approaches and the attitudes towards the technology pre-training differs by age, rating of education and the level of grades and post-training it differs by age and ratings of education. In the research on analysis was carried out in order to reveal the effects of the day and the time the students participated in the training and the effects of the day and the time on their attitudes toward the three

dimensional printing technology pre-training, post-training and after the printing process, and effects on their attitudes towards designing the product and observations during the process and the post-training approaches of the students. According to analysis result, the day of the training has only a statistical impact on the post-training students approaches. Also the actual time of training has a statistical impact on the students attitudes and intentions on the three dimensional printing technology.

Keywords: The technology of three dimensional printing, technological experimentation, technology training, perception on technology, attitude on technology.



İÇİNDEKİLER

TELİF HAKKI VE TEZ FOTOKOPİ İZİN FORMU	i
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
RESİMLER LİSTESİ	xv
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvi
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	4
KAVRAMSAL VE TARİHSEL PERSPEKTİFTEN ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİ	4
1.1. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Kavramı	4
1.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi	5
1.3. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Çeşitleri.....	8
1.3.1. Seçici Lazer İle Sinterleme	8
1.3.2. Eriyik Yığıma Modelleme.....	10
1.3.3. Işıkla Kürleme	12
1.4. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırılması	14
1.5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Avantajları	15
1.6. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Dezavantajları	16
1.7. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Kullanım Alanları	17

1.8. Dünyada Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulamaları	19
1.9. Türkiye’de Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulamaları.....	22
İKİNCİ BÖLÜM.....	25
ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNİN EĞİTİM ALANINA YANSIMASI	25
2.1. Eğitim Alanında Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Kullanımı	25
2.1.1. İlkokul Eğitim Seviyesinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Kullanımı	26
2.1.2. Ortaokul Eğitim Seviyesinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Kullanımı	26
2.1.3. Lise Eğitim Seviyesinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Kullanımı	27
2.1.4. Üniversite Eğitim Seviyesinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Kullanımı.....	28
2.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin STEM/FeTeMM Eğitimine Etkisi	28
2.3. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Eğitim Alanına Sağladığı Avantajlar.....	30
2.4. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Eğitim Alanındaki Dezavantajlar	31
2.5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Eğitim Alanına Adaptasyonu Gerçekleştirilirken Karşılaşılan Zorluklar	31
2.6. Eğitim Alanında Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi ile Yapılan Uygulamalar	32
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	39
ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ	39
3.1. Araştırmanın Amacı.....	39
3.2. Araştırmanın Hipotezleri	39
3.3. Veri Toplama Aracının Geliştirilmesi	42
3.5. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi	42
3.6. Veri Toplama Süreci	43
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	45
ANALİZ, BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	45
4.1. Tanımlayıcı İstatistikler	45
4.1.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri	45

4.1.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Deneyimi.....	46
4.1.3. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Algısı.....	48
4.1.3.1. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Öncesi Algısı	48
4.1.3.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Süreci Sonrası Algısı	49
4.1.3.3. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulama Sonrası Algısı.....	49
4.1.4. Ürün Tasarımı ve Baskı Sırasında Gözlenenler	50
4.1.5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Tutumu.....	51
4.2. Güvenirlilik ve Geçerlilik Analizleri	52
4.3. Katılımcılara İlişkin Yapılan Analizler.....	56
4.3.1. Katılımcılara İlişkin T-Testi Analizi	56
4.3.1.1. Cinsiyete İlişkin T-Testi Analizi	56
4.3.1.2. Eğitim Düzeyine İlişkin T-Testi Analizi	57
4.3.2. Mann Whitney U Testi Analizi	57
4.3.3. ANOVA Analizi.....	58
4.3.3.1. Yaş Değişkenine İlişkin Anova Analizi	58
4.3.3.2. Sınıf Düzeyine İlişkin Anova Analizi	59
4.3.3.3. Katılımcıların Gelir Düzeyine İlişkin Anova Analizi.....	59
4.3.3.4 Katılımcıların Ebeveyn Eğitim Düzeylerine İlişkin Anova Analizi.....	60
4.3.4. Kruskal Wallis H Testi	61
4.3.4.1. Yaş Düzeyine İlişkin Kruskal Wallis H Testi	61
4.3.4.2. Sınıf Düzeyine İlişkin Kruskal Wallis H Testi	61
4.3.5. Regresyon Analizi	62
4.3.5.1. Ürün Tasarımı ve Baskısına İlişkin Regresyon Analizi	62
4.3.5.1.1. Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi	63
4.3.5.1.2. Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	63

4.3.5.2. Uygulama Sonrası Algının Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi	64
4.3.5.3. Eğitime Geline Güne İlişkin Regresyon Analizi	64
4.3.5.3.1. Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	64
4.3.5.3.2. Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	65
4.3.5.3.3. Eğitim Öncesi Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi	65
4.3.5.3.4. Eğitim Süreci Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	65
4.3.5.3.5. Uygulama Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	66
4.3.5.4. Eğitime Katılınan Saat Aralığına İlişkin Regresyon Analizi	66
4.3.5.4.1. Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	67
4.3.5.4.2. Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	67
4.3.5.4.3. Eğitim Öncesi Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi	68
4.3.5.4.4. Eğitim Süreci Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	68
4.3.5.4.5. Uygulama Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	69
4.4. Hipotez Sonuçları.....	69
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	72
KAYNAKÇA.....	76
EKLER.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	97

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Tarihsel Gelişimi	7
Tablo 2. Katılımcıların Demografik Özellikleri	46
Tablo 3. Katılımcıların Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Deneyimi.....	47
Tablo 4. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Öncesi Algısı Verileri.....	48
Tablo 5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Süreci Sonrası Algısı Verileri.....	49
Tablo 6. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulama Sonrası Algısı.....	50
Tablo 7. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitimi Ürün Tasarımı ve Baskı Sırasında Gözlenenler	51
Tablo 8. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisine İlişkin Tutum	52
Tablo 9. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Niyet Ölçeğine İlişkin Güvenirlilik Analizi Sonuçları	53
Tablo 10. Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Algısı Ölçeği Güvenirlilik Analizi Sonuçları.....	54
Tablo 11. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Tutum Ölçeği Güvenirlilik Analiz Sonuçları	54
Tablo 12. Araştırmada Kullanılan Ölçeklerin Nomolojik Geçerlilik Sonuçları	55
Tablo 13. Cinsiyete İlişkin T-Testi Analizi	56
Tablo 14. Eğitim Düzeyine Göre T Testi Analizi.....	57
Tablo 15. Katılımcıların Eğitim Düzeyine İlişkin Mann Whitney U Testi Analizi.....	58
Tablo 16. Yaş Değişkenine İlişkin Anova Analizi	59
Tablo 17. Sınıf Düzeyine Göre Anova Testi	59
Tablo 18. Katılımcıların Gelir Düzeyine İlişkin Anova Analizi.....	60
Tablo 19. Katılımcıların Ebeveynlerinin Eğitim Düzeyine İlişkin Anova Analizi	60

Tablo 20. Yaş Düzeyine İlişkin Kruskal Wallis-H Testi	61
Tablo 21. Sınıf Düzeyine İlişkin Kruskal Wallis-H Testi.....	62
Tablo 22. Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	63
Tablo 23. Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi	63
Tablo 24. Uygulama Sonrası Algının Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi	64
Tablo 25. Eğitime Geline Gü nün Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi ..	64
Tablo 26. Eğitime Geline Gü nün Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.	65
Tablo 27. Eğitime Geline Gü nün Eğitim Öncesi Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	65
Tablo 28. Eğitime Geline Gü nün Eğitim Süreci Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi	66
Tablo 29. Eğitime Geline Gü nün Uygulama Sonu Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi:.....	66
Tablo 30. Eğitime Katılınan Saat Aralığının Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	67
Tablo 31. Eğitime Katılınan Saat Aralığının Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	67
Tablo 32. Eğitime Katılınan Saat Aralığının Eğitim Öncesi Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi.....	68
Tablo 33. Eğitime Katılınan Saat Aralığının Eğitim Süreci Sonu Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analiz.....	68
Tablo 34. Eğitime Katılınan Saat Aralığının Uygulama Sonu Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi	69
Tablo 35. Saha Araştırması Hipotez Sonuçları	69

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. 3B Yazıcı Ürün Oluşturma Süreci.....	5
Resim 2. İlk SLA Üç Boyutlu Yazıcı	6
Resim 3. Cubify Ev Tipi Yazıcı.....	7
Resim 4. SLS Çalışma Prensibi	9
Resim 5. SLS Teknolojisi Modeli.....	9
Resim 6. Taslak Olarak FDM Çalışma Prensibi (1-Nozul, 2-Yapı Malzemesi, 3-Hareketli Masa).....	11
Resim 7. FDM Teknolojisi Modelleri.....	12
Resim 8. SLA Teknolojisi İle Üretilmiş Obje	12
Resim 9. SLA Çalışma Prensibi.....	13
Resim 10. FDM Teknolojisi İle Oluşturulmuş Prototip	14
Resim 11. SLS Teknolojisi İle Oluşturulmuş Prototip	15
Resim 12. SLA Teknolojisi İle Oluşturulmuş Prototip.....	15
Resim 13. 3B Teknolojisi İle Üretilen Bomba Fırlatıcısı	19
Resim 14. 3B Baskılı Döngü Köprüsü.....	20
Resim 15. 3B Baskı İle Üretilen Yapay Omurilik İmplantı.....	20
Resim 16. 3B Yazıcı İle Oluşturulan Ev.....	21
Resim 17. 3B Yazıcı ile Oluşturulan İlk Otomobil.....	21
Resim 18. NASA & Made in Space firmasının oluşturduğu 3B Yazıcı.....	22
Resim 19. Zaxe X1 Üç Boyutlu Yazıcı	23
Resim 20. 3B Yazıcı ile oluşturulmuş tomografi görüntüsü.....	23
Resim 21. 3B Yazıcı ile Oluşturulan Anatomik Modeller.....	24

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

3D/3B: Three-Dimensional/Üç Boyutlu

CAD: Computer Aided Design/Bilgisayar Destekli Tasarım

ABS: Acrylonitrile Butadiene Styrene/Akrilonitril Bütadien Stiren

PLA: Polylactic Acid/Polilaktik Asit

SLA: Stereo Lithograph Apparatus/Stereolitografi Cihazı

SLS: Selective Laser Sintering/Seçici Lazer Sinterleme

FDM: Fused Deposition Modelling/Eriyik Yığılma Modelleme

CO₂: Kardondioksit

STL: Standard Tessellation Language/Standart Mozaik Döşeme Dili

UV: Ultraviyole/Morötesi

STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics

FeTeMM: Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik

GİRİŞ

Gün geçtikçe gelişmeye devam eden teknolojik sistemler hem insanoğlunun günlük yaşamını etkilerken hem de ekonomi ve endüstri üzerindeki etkisini sürdürmektedir. Giyilebilir teknoloji, sanal gerçeklik, akıllı robotik sistemler ve yapay zeka gibi kişilerin ve şirketlerin üzerinde durduğu bu yeni teknolojik alanlardaki gelişime bir de üç boyutlu yazıcı (3B) teknolojisinin prototip üretiminin eklendiği görülmektedir.

3B yazıcı (3D Printer), bilgisayar ortamında üç boyutlu çizim programı yardımı ile çizilmiş üç boyutlu nesneleri plastik, metal vb. malzemeler kullanarak iki boyutlu bir düzlemde üst üste ince tabakalar aktararak üç boyutlu bir nesne üreten bir tip yazıcıdır (Türk, 2014).. Üç boyutlu yazıcılar, şirketlerin prototip ürün üretimini hem en hızlı ve hem de en az maliyetle gerçekleştirmesinin yanı sıra hammadde kullanımında da esneklik sağlaması şirketleri bu teknolojiyi kullanma konusunda güdülemektedir. 3B teknolojisinin belirtilen avantajları bulunmakla birlikte, bu teknolojinin yeni olması sebebiyle, şirket çalışanları tarafından benimsenmesinin ve adapte edilmesinin çok kolay olmadığı söylenebilir.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin farklı türleri vardır. Bunlar: Seçici lazer ile sinterleme (Selective Laser Sintering), eriyik yığma ile modelleme (Fused Depositing Modelling) ve ışııkla kürleme (Polymer Curing)'dir. Bu yazıcı teknolojileri, farklı alanlarda kullanılabilmektedir. Bunlardan bazıları; mühendislik çalışmaları, uzay araştırmaları, sağlık sektörleri, moda ve ayakkabı, mücevher, coğrafya ve bilgi sistemleridir. Belirtilen alanlara göre 3B yazıcı teknolojisi için uygun hammadde ve yazıcı teknolojisi değişmektedir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD/Computer Aided Design) programlarıyla, üç boyutlu model çizimleri prototip ya da seri ürün üretimi için kullanılmaktadır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, yeni bir teknolojik sistemdir. Bu nedenle bireylerin bu teknolojik sistemlerle üretilmiş ürünleri satın alma davranışlarını nasıl etkileyeceği gelecekte üç boyutlu yazıcıyı bireysel olarak kendi yaşam alanları içinde kullanıp kullanmayacağı konusuna olan ilgileri hem araştırmacılar hemde uygulayıcılar tarafından merak edilmektedir.

Endüstriyel üç boyutlu baskı, büyük ölçekli üretimlerde kullanılmak üzere hazırdır. Ancak birçok yönetici ve mühendis bu geniş ölçekte kullanıma hazır bekleyen eklemeli üretimin farkında olmadığı görülmektedir. Bu teknoloji; prototip, araç gereç ve oyuncak üretiminin çok daha ötesinde bulunmaktadır. Eklemeli üretim ile gerçek müşteriler için büyük miktarlarda, dayanıklı ve güvenli ürünler üretmek mümkündür (D'Aveni, 2015).

3B yazıcı teknolojisi etkin ve yenilikçi öğrenme süreçleri oluşturmak için eğitim kurumlarında son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Öğrencilere kendi 3B baskı projelerini yapma imkanı sağlayan 3B yazıcılar aynı zamanda proje yönetimi ile teknik beceriler gibi bir çok alanda da öğrencilerin deneyim kazanmasına imkan tanımaktadır. Dahası, bu tür projeler öğrenciye profesyonel yaşantının neye benzediğine dair gerçek bir ipucu vermekte ve teorik olan derslerin getireceği bilgileri pratik becerilere dönüştürme yeteneği kazandırmaktadır (Richardot, 2018). 3B yazıcı teknolojileri, imkanlarının eğitim kurumlarında kullanılması sonucunda, öğrenciler pasif ve yaratıcı olmayan düşünce yapılarından, geometrik, aktif ve yaratıcı düşünme yapısına ulaşabilir (Stefan & Matt, 2015).

Bu araştırma, 3B yazıcı teknolojisini ilk defa anahtarlık prototipinin tasarımını ve baskısını yaparak deneyimleyecek olan ortaokul ve lise öğrencilerinin, tüm sürece ilişkin gözlemlerinin belirlenmesi, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine yönelik algı, tutum ve davranışlarının ortaya çıkarılmasını amaçlamaktadır. İlgili yazında üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle ilgili çalışmaların eğitim alanında sınırlı sayıda olduğu ve 3B yazıcı teknolojileri hakkındaki bilgilerin dağınık olduğu ifade edilmiştir (Ford & Minshall, 2019). Bu çalışma, mevcut yazında üç boyutlu yazıcı üzerine yapılan araştırmaların yeterli düzeyde olmaması nedeniyle yazındaki bu boşluğu doldurması açısından önem arz etmektedir. Araştırma süreci Ocak-Haziran 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada geleneksel anket yöntemi kullanılarak veriler toplanmıştır. Anket 5 bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm, öğrencilerin demografik özelliklerine ilişkin hazırlanan sorulardan oluşmaktadır. İkinci bölüm, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisini deneyimini ortaya çıkarmak üzere hazırlanan sorulardan oluşmaktadır. Üçüncü bölüm, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknoloji algısını, dördüncü bölümde, ürün tasarımı ve baskısı sırasında öğrencilerin gözlemlerini ölçmek üzere hazırlanan sorulardan oluşmaktadır. Son bölümde ise, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutumunu ölçmek için hazırlanan sorulardan oluşmaktadır. Anketin yapılacağı araştırma evreni 3B yazıcı eğitimini alacak olan ortaokul ve lise öğrencileri olarak belirlenmiştir. Araştırma süreci boyunca tüm evrene ulaşmak zor olduğu

için kolayda örnekleme tekniği kullanılarak örneklem, İzmit Belediyesi 3D Tasarım Merkezi'ne 3B yazıcı eğitimini almaya gelen öğrenciler olarak belirlenmiştir. Anket çalışmasına 300 ortaokul ve 300 lise olmak üzere toplam 600 öğrenci katılmıştır. Fakat özensiz ve geliş güzel cevaplandırılmış 125 anket araştırma dışı bırakılmıştır. Tüm analizler 475 anket üzerinden yapılmıştır (EK-1). Araştırma bazı kısıtlar temelinde gerçekleştirilmiştir.

Bunlar:

- Araştırmanın İzmit'le yalnızca bir 3B tasarım merkezi içerisinde gerçekleştirilmesi,
- Ortaokul ve lise öğrencileri üzerine uygulamanın yapılması,
- Uygulamanın anahtarlık prototip tasarımı ve baskısıyla sınırlı kalması,
- 3B teknoloji türlerinden eriyik yığma modellemenin (Fused Deposition Modelling) kullanılmasıdır.

Araştırmada üç boyutlu yazıcı teknolojisi kavramsal ve tarihsel perspektiften ele alınarak, bu teknolojinin uygulandığı alanlar ve eğitim sektöründe yapılan çalışmalar üzerinde durulmuştur. Ayrıca saha araştırması yapılmış olup, bu araştırmanın yöntemi, analizleri hakkında bilgiler verilerek, analiz sonuçları yorumlanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL VE TARİHSEL PERSPEKTİFTEN ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİ

1.1. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Kavramı

Üç boyutlu (3B) yazıcılar yaygın olarak bilinen yazıcıların aksine, dijital ortamda bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design/CAD) programlarıyla tasarlanmış bir üç boyutlu nesneyi dijital ortamdan, istenilen hammadde kullanılarak, katmanlar halinde işleyen ve sonuç olarak ürün veya prototip olarak yazdırabilen yazıcı teknolojisidir (Rouse, 2016). Bu teknoloji üretilmek istenen parça, malzemenin birbirine eklenmesiyle elde edildiği için eklemeli üretim (addictive manufacturing) olarak da ifade edilmektedir.

3B yazıcı teknolojisinin temel amacı, bir fikri fiziksel bir nesneye dönüştürmektir. Bu fikri hayata geçirmek için öncelikle, üç boyutlu bir çizim oluşturulmaktadır. Bu çizim; SolidWorks, AutoCad, Rhino3D, Bonzai3D, TINKERCAD ve benzeri yüksek maliyetli programların yanı sıra Google Sketchup, FreeCad ve benzeri ücretsiz yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. 3B tasarım yazılımları, .STL, .WRL (VRML), .PLY, .3DS ve .ZPR gibi uzantılarla dışarı aktarılır. Dışarı aktarılma işleminden sonra ise, 3B tasarımı yapılan obje için gerekli hammadde seviyesinin ölçümü yapılır ve elde edilmek istenilen adet sayısı yazıcıya girilir. Gerekli kesitler ve katman seviyelerinin tamamlanmasıyla fiziksel obje elde edilir. Bu aşamadan sonra objenin üzerinde oluşan tozların temizlenmesi ve objedeki fazlalıkların giderilmesi için kurutma döngüsü işlemi gerçekleştirilir (Zcorporation, 2015). 3B yazıcılarda, genellikle ABS, PLA ve benzeri termoplastik malzemeler kullanılır.

Termoplastik malzemenin düzgün bir şekilde yığılabilmesi için erime sıcaklığına ısıtılmış bir nozuldan¹ ekstrude² edilmesi gerekmektedir.

Bu nozul, bilgisayar tarafından kontrol edilerek parça geometrisini simule edecek şekilde hareket ettirilmekte ve termoplastik malzemenin yığılması ile beraber parça 2 boyutlu katmanlar halinde ürün tablaya yığılmakta ve üretilmektedir (Kedkem, 2014). Bu sürecin nasıl işlediği Resim 1’de gösterilmektedir.



Resim 1. 3B Yazıcı Ürün Oluşturma Süreci

Kaynak: Campbell, Williams, , Ivanova, & Garrett, 2011

Prototip ya da seri üretimle bir ürün oluşturmak için kullanılan mevcut hammaddeler; sert ve yumuşak plastikler, kauçuklar, filamentler, kumtaşı, metaller ve alaşımlara kadar çeşitli hammadde alanına sahiptir. Fakat bu geniş hammadde yelpazesini kullanabilmek için seçilecek yazıcının çeşidi de önem arz etmektedir. Ne yazık ki, tüm 3B yazıcı teknolojisi ifade edilen hammaddelerle prototip ya da seri üretime ait ürünleri baskı yapma özelliğine sahip değildir (Kuyucu, 2014).

1.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

3B baskı teknolojileri ilk olarak, 1980’lerin sonunda hızlı prototipleme teknolojileri olarak ifade edilmiştir. Bu teknolojinin ilk örneklerini, o yıllarda endüstride görmek mümkündür.

¹ Hammaddenin istenilen seviyede püskürtülmesini kontrol etmek için kullanılmaktadır.

² Bilgisayar tarafından kontrol edilen metal, plastik, seramik ve gıda gibi katı hammaddeleri basınç ve sıcaklıkla eritmeye yarayan mekanik parça.

Bunun sebebi ise, ürün geliştirmeye yönelik prototip oluşturma konusunda endüstrinin hızlı ve daha uygun maliyetli bir yöntemle ihtiyaç duymasıdır. 3B yazıcı teknolojisi için ilk patent başvurusu 1980’li yıllarda Japon Dr. Kodama tarafından yapılmış ancak başvuru tarihini kaçıran Dr.Kodama’nın yaptığı başvuru geçersiz sayılmıştır. Yaşanan bu olaydan sonra ilk patent hakkına sahip olmak için Charles (Chuck) Hull başvurusunu yapmıştır. Başvuru sonucunda, Stereolitografi (Stereolithography/SLA) plastik çıktılar üreten 3B yazıcı teknolojisine ait ilk patenti almaya hak kazanmıştır (Matias & Rao, 2015). şekil 2’de ilk patenti alınan yazıcı gösterilmiştir. Hull, bugün merkezi ABD olan 3D Systems Corporation’ı 1986 yılında kurmuştur. Bu kuruluş bugün 3B baskı sektöründe faaliyet gösteren en büyük ve en verimli kuruluşlardan birisidir (Gornet & Wohlers, 2014).



Resim 2. İlk SLA Ü Boyutlu Yazıcı

Kaynak: 3dsystems, 2018

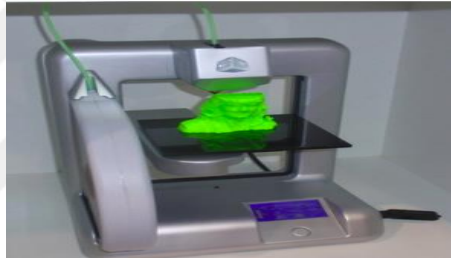
Hull’un yaptığı ilk girişimden sonra, Carl Deckard lisans öğrencisiyken Seçici Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering/SLS) 3B yazıcı teknolojisi için patent başvurusu yapmış ve 1987 yılında başvurusu kabul edilmiştir. Deckard, yüksek lisans ve doktora eğitimi boyunca 3B yazıcıyı geliştirmeye devam etmiş ve akademik danışmanı Joe Beaman ile Desktop Manufacturing (DTM) şirketini kurmuştur. Daha sonra, 1989 yılında Scott Crump, eriyik yığma modelleme (Fused Deposition Modelling/FDM) teknolojisini icat etmiş ve Stratasys Ltd’yi kurmuştur (Brown, 2016).

SLA ve SLS 3B yazıcı teknolojileriyle, ilk zamanlarda sadece plastik prototipler üretilmiştir. Metal olarak herhangi bir prototip üretimi gerçekleştirilememiştir. Bu eksikliği gören Alman EOS GmbH Direk Metal şirketi, Metal Lazer Sinterleme (Direct Metal Laser Sintering/DMLS) 3B yazıcısını icat etmiş ve bu teknoloji 1989 yılında piyasada

kullanılmaya başlanmıştır. Karmaşık metal parçaları bile üretebilen bu makineler, 3B yazıcı teknolojisinin de uygulama alanlarını büyük ölçüde genişletmiştir (3dprintingindustry, 2014).

3B yazıcılardan başlangıçta herhangi bir ticari kazanç sağlanamamıştır. Fakat zaman içinde bu teknolojiyen elde edilen ticari kazançlar artmıştır. 3B yazıcı teknolojisinin ticari satışını ilk olarak, 1995 yılında Z Corporation şirketi yapmıştır (Gross vd., 2014).

2000’li yıllara gelindiğinde ise; 3B yazıcıların maliyetinde önemli ölçüde azalma görülmüştür. 2007 yılında piyasaya sürülen RepRap (Replicating Rapid Prototyper) hızlı prototiplerin kopyalanması olarak adlandırılabilen açık kaynak kodlu yazıcı ile 2009 yılında Makerbot ve 3D Systems’in geliştirdiği Cubify ev tipi yazıcılarla insanlar, bireysel olarak evlerinde de 3B yazıcılarla prototipler üretmeye ve üç boyutlu yazıcıların gelişimine katkıda bulunmaya başlamışlardır (Çetinkaya & Çelik, 2016).



Resim 3. Cubify Ev Tipi Yazıcı

Kaynak: Mulroy, 2012

Geçmişten günümüze kadar üç boyutlu yazıcı teknolojisi tarihsel gelişimi ilgili yazından alınan bilgiler doğrultusunda Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Tarihsel Gelişimi

1980	1983	1987	1989	1995	2007	2009
İlk patent başvurusu Dr. Kodama	SLA Teknolojisi/ Charleck (Chuck) Hull İlk patent başvurusunun kabul edilmesi.	SLS Teknolojisi/ Carl Deckard lisans Stratasys Ltd’nin kurulması.	FDM Teknolojisi /Scott Crump	İlk ticari satış Z corporation şirketi	RepRap Teknolojisi ile maliyetlerin düşmesi.	Cubify ev tipi yazıcılar/Makerbot ve 3D systems
			DMLS EOS GmbH Şirketi			

1.3. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Çeşitleri

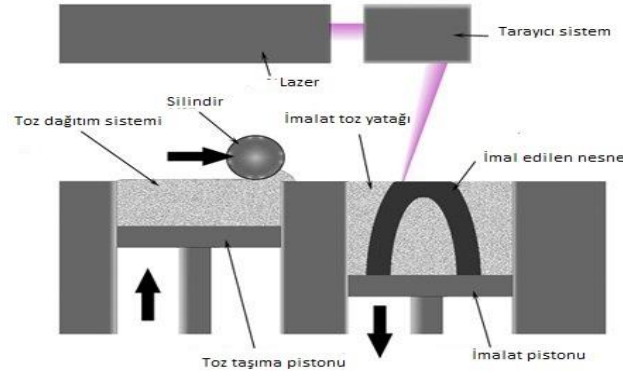
Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan hammadde sayısının gittikçe artmasından dolayı her makinenin tüm hammaddeleri yöneterek uygun prototipler çıkarması beklenmektedir. Fakat şu andaki üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle tüm hammaddeleri tek bir yazıcıda işlemek mümkün olamamaktadır. Günümüzde kullanılan 3B yazıcılar temel olarak üç ana teknolojiyi kullanmaktadır. Bunlar Seçici Lazer Sinterleme, Eriyik Yığma Modelleme ve Stereolitografi'dir. (Emre, Yolcu, & Celayir, 2015). Bu teknolojilerin her biri alt başlıklar da ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

1.3.1. Seçici Lazer İle Sinterleme

SLS teknolojisinin ana çalışma mantığı, toz olarak kullanılan hammaddenin (nylon, alüminyum, çelik, gümüş, metaller, cam ve seramik), CO₂ lazer ışınlarıyla ısıtılarak CAD verisinden alınan bilgilerle katman katman işlenerek prototiplerin oluşturulmasına dayanmaktadır. SLS 3B yazıcıda prototipler oluşturulduktan sonra soğuması için makinede bekletilmektedir (Antonio, Konrad, & Manfred, 2014). SLS üç boyutlu yazıcıda belirli bir işlem sırası vardır.

SLS üç boyutlu yazıcının işlem sırası ise şu şekilde gerçekleşir.

CO₂ lazer, tarayıcı sistem aracılığı ile tabaka şeklindeki tozlar üzerinde seçilen bölgeleri tarar ve ilk katman inşası biter. Sonra diğer katman inşası için tezgah tablası altındaki platform, katman kalınlığı kadar aşağı iner. Toz yayıcı mekanizma aracılığıyla, önce taranmış katmanın üzerine yeni katman kalınlığı kadar toz serilir ve lazer ile taranır. Bu işlem model oluşuncaya kadar devam eder. Sinterleme işleminin tamamlanmasından sonra sinterleme istasyonunun soğuması için bir süre beklenir. Sonra parça, tezgâh üretim tablası üzerinden alınır ve doğal destek görevi üstlenmiş tozlar, fırça veya vakumlu süpürge ile temizlenir. SLS parçaları kumlama, isteğe bağlı boyama gibi son işlemlere ihtiyaç duyar. SLS sistemi, sinterleme istasyonunun dışında, kullanılmış tozun belirli oranda yeniden kullanılmasını sağlayan geri dönüşüm sistemini içerir (Çelik, Karakoç, Çakır, & Duysal, 2013).



Resim 4. SLS Çalışma Prensibi

Kaynak: Legutko, 2018

Seçici lazer sinterleme tekniği hızlı prototipleme gereksinimi duyulan bir çok alanda kullanılırken, yoğun olarak kullanıldığı bazı alanlar vardır. Bunlar; havacılık ve uzay, donanım ve tıp, elektronik, ambalaj, konnektörler, askeri donanım, ürün performans ve test etme, mühendislik tasarım doğrulama, rüzgar tüneli test modelleri (Bakshi & Mulay, 2016).



Resim 5. SLS Teknolojisi Modeli

Kaynak: Grames, 2018

Seçici lazer sinterleme tekniğinin avantajları ve dezavantajları vardır. Bunlar::

1. Geleneksel yöntemlerle üretilmesi zor olan titanyum ve naylon gibi malzemelerin üretiminde avantaj sağlar.
2. Plastik ve metal endüstrilerinde sistemde kullanılan malzemelere dayalı olarak karmaşık prototip parçaları üretmek zaman ve maliyet tasarrufu sağlar.
3. Üretim sonrası kütleme gerektirmez.
4. Farklı malzemeleri işleme olanağı sağlar (Rajesh, Sudheer, & Mithun, 2015).

5. Malzeme yapım aşamasında toz malzeme tüm gerekli desteği sağlar bu yüzden farklı destek yapılarına ihtiyaç duymaz (Dhanawade & Bhatwadekar, 2017).
6. Hassas ölçekli ürünler inşa edilebilir.
7. Hammaddeyi sıvı hale getirme zorunluluğu olmaksızın, ürün elde edilir (Mierzejewska & Markowicz, 2015).

Bu avantajların yanı sıra tekniğin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar:

1. Üretilen parçaların yüzeyleri, küçük pürüz taneli ve gözeneklidir. Ayrıca daha yüksek büzülme oranları nedeniyle prototipin parça geometrisine tabi olarak eğilme veya kıvrılma riski fazladır (Mazzoli, 2012).
2. Parçanın prototipi bitirildikten veya yapılan son işlemlerden sonra yüzeyin kalitesini arttırmak için son bir işlem daha gerekebilir.
3. Malzeme hammaddesindeki zorluktur (Han vd., 2019).

1.3.2. Eriyik Yığma Modelleme

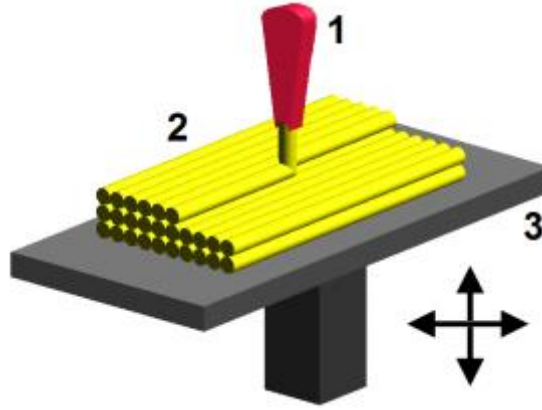
Günümüzde katmanlı üretim alanında en çok kullanılan yöntemlerden biridir ve dünyadaki üç boyutlu yazıcılar da kullanılan en yaygın teknolojidir (Locker, 2017). FDM yöntemi kullanılırken, önce yazılımdan alınan CAD verisi tabakalar halinde kesilir. Bunun ardından CAD dosyasından alınan veriler termoplastik filament ve destek yapılarıyla üretimi gerçekleştirilen plakaya katman katman döşenir. Her katman, üretim plakasına dökülürken nozullarla erime sıcaklığının üstünde tutulur, böylece yazıcının ekstrüderi (püskürtme aygıtı) termoplastik hammaddeyi katılaşmadan nesneyi yatay ekseninde oluşturmaya başlar. Katman kalınlığı ve dikey boyutsal doğruluk, 0.013-0.005 inç aralığında değişen ekstrüder kalıp çapıyla belirlenir. X-Y düzleminde 0.001 inç çözünürlük elde edilebilir. ABS, poliamit³, polikarbonat⁴, polietilen⁵, polipropilen⁶ ve yatırım döküm mumunu içeren bir dizi malzeme mevcuttur (Novakova & Marcincinova, 2012).

³ Naylon sentetik lif.

⁴ Işık geçirgenliği cama yakın, ısıya, kimyasal maddelere, çizilmeye, darbeye dayanıklılığı yüksek, gıdaya uygun, şeffaf plastik malzemedir.

⁵ Karbon atomlarının birbirleriyle bağlanmasıyla oluşan şeffaf plastiktir.

⁶ Otomotiv sanayinde kullanılan parçalardan, tekstil ve yiyecek paketlemesine kadar çok geniş kullanım alanı olan termoplastiktir.



Resim 6. Taslak Olarak FDM Çalışma Prensibi (1-Nozul, 2-Yapı Malzemesi, 3-Hareketli Masa)

Kaynak: Ludmila, & Josef, 2012

FDM teknolojisi hızlı prototipleme alanlarında kullanılmaktadır. En yaygın kullanım alanları ise; havacılık ve uzay, tıbbi doku mühendisliği (Nadar vd., 2018), oral tıp, biyoteknoloji (Peng & Wei, 2014), askeri, eğitim ve otomotivdir (Yagnik, 2014).

FDM tekniğinin bazı avantajları vardır. Bunlar:

1. Karmaşık parçalar, geleneksel üretim işlemlerine kıyasla daha doğru bir şekilde ve düşük maliyetle üretilir.
2. Düşük maliyetli bir tekniktir.
3. Baskı tekniğinde naylon, cam elyaf, PLA plastik, ABS plastik genellikle kullanılan hammaddelerdir. FDM baskı tekniğinde kullanılan hammaddelerin geri dönüşümlü olarak kullanılabilmesi, maliyet ve çevre kirliliği oranında azalma sağlamaktadır (Longwei vd., 2016)
4. Özel aletlere ihtiyaç yoktur.
5. Normal mürekkep püskürtmeli yazıcı kadar basittir (Chennakesava & Shivraj , 2014).

Bu avantajların yanı sıra tekniğin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar:

1. Düşük çözünürlük, yüzeydeki pürüzsüzlük problemi, uzun dönemli dayanıklılık gösterememesi, sınırlı şekil karmaşıklığı,
2. Kademeli deformasyon (Khorsandi vd., 2018).

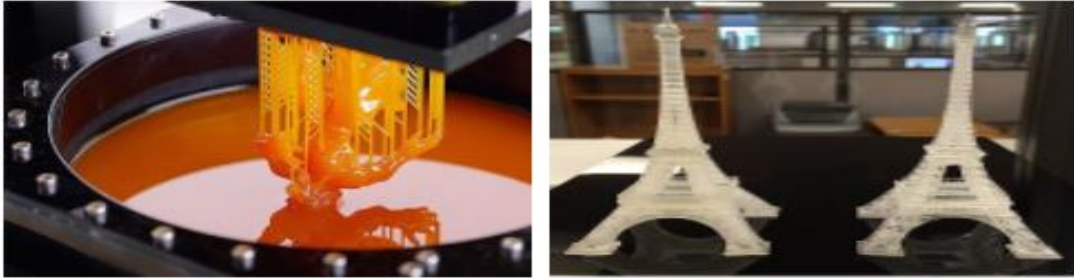


Resim 7. FDM Teknolojisi Modelleri

Kaynak: Jackson, 2017

1.3.3. Işıklı Kütleme

Bu teknolojiye, stereolitografi cihazı, sıvı plastikleri UV (Ultraviyole)⁷ lazerle katı maddelere dönüştürür. Bu teknik, Hull tarafından 1984 yılında geliştirilen en eski 3B baskı teknolojisidir. SLA teknolojisinin 3B teknolojiye kullanılabilmesi tamamlanmış olan tasarımın Standard Tessellation Language (STL) dosya formatının yazıcıya girilmesiyle mümkündür. Bu işlem sonrasında tabakaya sıvı ilavesi, bir bilgisayar sistemi tarafından kontrol edilen lazer ışını ile gerçekleşir. SLA hammadde olarak sıvı fotopolimerleri kullanır ve bir kez delikli platformun üzerine maruz bırakıldığında, UV lazer, yazdırılan nesneyi boyayan platforma vurur. Başka bir deyişle, lazer ışınları basılmakta olan nesnenin her katmanını çeker ve sıvı plastik reçineyi sertleştirir (Pandey, 2014).

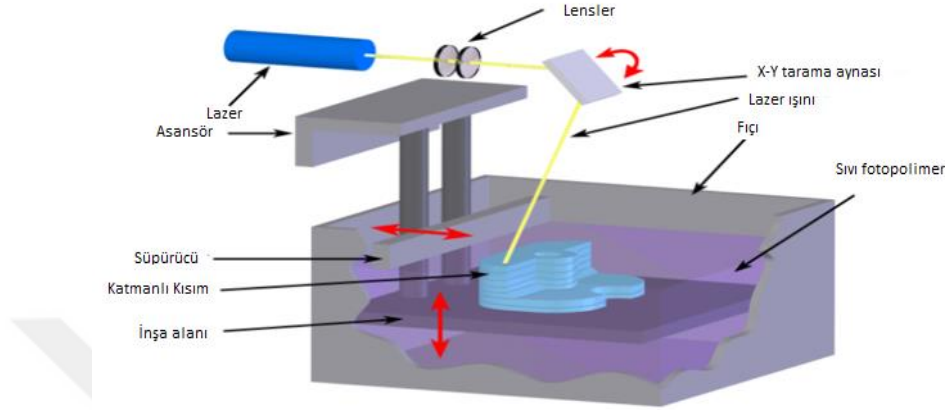


Resim 8. SLA Teknolojisi İle Üretilmiş Obje

Kaynak: Zeal3dprinting, 2017

⁷ Ultraviyole (morötesi) kısaca UV olarak ifade edilir. Çıplak gözle görülemeyen, farklı dalga boylarındaki güneş ışınlarıdır.

SLA teknolojisi çoğunlukla eklemeli üretim ya da 3B yazıcı teknolojisiyle kullanılır. SLA teknolojisi prototip, desen oluşturma, üretim parçalarının yapımında kullanılır. Bu teknolojinin yaygın olarak kullanıldığı alanlar ise; diş hekimliği, cerrahi operasyonlar, mücevherat, modelleme, eğitim ve mühendisliktir (Formlabs, 2017).



Resim 9. SLA Çalışma Prensibi

Kaynak: Breuning, 2018

SLA teknolojisi içerdiği hammadde bakımından diğer eklemeli üretim teknolojilerinden farklılık gösterir. Bu farklılıklar, avantaja ve dezavantaja dönüşebilir. Örneğin; SLA teknolojinin de kullanılan sıvı reçine yüksek hassasiyet seviyesi sağlamaktadır. Fakat kullanılan hammaddenin sınırlı olması, bu teknolojinin dezavantajı olarak kabul edilir (Taormina vd., 2018). Diğer avantajlar ve dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir:

Avantajlar

1. Büyük prototipler üretilebilir.
2. Üretim hızı yüksektir (Brock & Ellis, 2013).
3. Karmaşık anatomi parçalarını etkin hassasiyetle üretme kapasitesine sahiptir.

Dezavantajlar

1. Stereolitografinin bazı dezavantajları, bilgisayarlı tomografi taramasından artan radyasyona maruz kalmadır.
2. Yüksek üretim maliyetlerine sahiptir (Ruiz vd., 2015)
3. Üretim sonrası, ek işlem gerektirir (Chae vd., 2015).

1.4. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırılması

3B baskı teknolojilerinde en çok kullanılan teknolojiler; SLA, FDM ve SLS'dir. Fakat SLA, FDM ve SLS teknolojileri arasında birçok farklılık vardır. Bu farklılıklar:

1. Kullanılan hammadde: SLA teknolojisi sıvı bazlı, FDM katı tabanlı, SLS toz bazlı hammaddeler kullanır (Yu, 2013)
2. Hassasiyet: SLA teknolojisi diğer iki teknolojiye göre hassasiyet açısından daha yüksek seviyede kalite sağlar. FDM ise, hassasiyet ve güvenilirlik sağlar, SLS ise fazla hassasiyet doğruluğuna sahip değildir.
3. Yüzey kalitesi: SLA teknolojisi parka yüzeyinde mükemmel bir kalite sağlar. Fakat FDM ve SLS standart bir yüzey kalitesi sağlar.
4. Üretim sonrası: SLA ve FDM teknolojileri destek malzemelerini temizlemek için üretim sonrası ek işlem gerektirir. Fakat SLS teknolojisi, toz içerisindeki tüm destek malzemeleri sağladığı için üretim sonrası herhangi bir işlem gerektirmez (Jianbin & Jasveer, 2018).
5. Maliyet: SLA ve SLS teknolojileri üretim için yüksek maliyet gerektirirken, FDM teknolojisi bu iki teknolojiye kıyasla üretim maliyeti olarak daha ekonomiktir (Chhabra & Sandeep, 2017)
6. Üretim hızı: Eklemeli üretim teknolojilerinin üretim hızı incelendiğinde, FDM ve SLS teknolojilerinin çalışma mantığı aynı olduğu için ikisi karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda SLS teknolojisi, FDM teknolojisine göre daha yüksek üretim hızına sahiptir (Bonhoure, 2017).

SLA, FDM ve SLS teknolojileri aralarındaki yüzey ve yapı olarak farkları Resim 10, Resim 11 ve Resim 12' de gözlemlenebilmektedir.



Resim 10. FDM Teknolojisi İle Oluşturulmuş Prototip



Resim 11. SLS Teknolojisi İle Oluşturulmuş Prototip



Resim 12. SLA Teknolojisi İle Oluşturulmuş Prototip

Kaynak: (Choudhari & Patil, 2016)

1.5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Avantajları

3B yazıcı teknolojisinin bazı avantajları vardır. 2007 yılından sonra açık kaynaklı 3B yazıcıların son kullanıcının hayatına girmesiyle, bireyler bilgisayar ortamında gerekli programları kullanarak bu teknoloji ile ürünleri kolaylıkla üretebilmektedir. Pazar, başta RepRap projesi ve MakerBot topluluğu olmak üzere açık kaynak donanım toplulukları tarafından desteklenmektedir. Bu ilgili teknolojinin sadece endüstri tarafında kalmadığını açık olarak gösterirken, hayal gücüyle üretim yapmak isteyen kişilere de en büyük avantajı sağladığı söylenebilir (Brown, 2013). Bu teknolojinin sahip olduğu diğer avantajlar ise şöyle sıralanabilir (Redwood, 2016):

1. Hız ve zaman: Bilgisayar ortamında tasarımı tamamlanan her çeşitten ürün modeli, saatler hatta dakikalar içinde ortaya çıkarılabilmektedir.
2. Emek ve teçhizat: Aşırı iş gücü gerektiren ve geleneksel yöntemlerle ürün üretilmesi için aşırı kalabalık makine ve teçhizatlar yerine, tek bir makineden istenilen geometrik şekillerin oluşturulmasına imkan sağlamaktadır.
3. Hammadde: 3B yazıcılarda en çok kullanılan hammadde, PLA filamentleridir. Hem temini kolay, hem de ucuz bir hammaddedir. Mısır nişastasından oluşturulmuş, PLA

bioplastiklerinin geri dönüşümlü olarak kullanılması, çevreye herhangi bir zarar vermemesi ve sağlığı olumsuz yönde etkileyecek herhangi bir kimyasal madde içermemesinden dolayı tasarımcıların tercih sebepleri arasındadır.

4. Risk yönetimi: Hatalı prototip sipariş etmek, tasarımcının zaman ve maliyetini olumsuz yönde etkiler. Ayrıca yapılan hatayı ortadan kaldırmak için yeni düzenlemelerin gerçekleştirilmesi pahalı imalat ekipmanlara (kalıplar, alet takımları ve teçhizatları) yatırım yapmayı gerektirir. Tasarım yapılmadan önce 3B yazıcı ile prototipler kısa sürede oluşturulabilir ve risk ortadan kaldırılabilir.

1.6. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Dezavantajları

3B yazıcı teknolojisi birçok objenin yapılabilmesine olanak vermekle birlikte bazı dezavantajlara sahiptir (Shihab, 2017). Bu dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir (Consulting, 2017; Stidham & Attaran, 2017):

1. Büyük üretim çalışmaları için yüksek maliyetler: Bir ürünün seri üretimi için 3B yazıcı teknolojisi önerilmez. Nesnelere bakmak için harcanacak süre, geleneksel yöntemlerden daha uzun olmakla birlikte, işletmelerin maliyetlerinin de artmasına neden olacaktır.
2. Sınırlı dayanıklılık: Dayanıklı materyalleri üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile oluşturmak oldukça zordur.
3. Yasalar: 3B baskının büyümesi ve uyarlanması etkin şekilde düzenlenmezse büyük sosyal ve ticari etkilere sahip olabilir. Yeni teknolojilerde, çoğu kez kurallar ve düzenlemeler yeniliklerin gerçekleştiği hız ortaya çıkmaz. 2013'te, plastik tabancanın tasarımı, internette serbestçe yapılabilirdi. Esasen, bir CAD tasarım mevcutsa ve bir yazıcı ürünü basabilirse, ürün kısıtlama olmaksızın varolabilir. 3B tabanca, özellikle metal dedektörleri tarafından keşfedilemeyeceği ve kötü amaçlı bir kişi tarafından basılması durumunda kamu güvenliği için bir tehlike oluşturabilecektir.
4. Boyut kısıtlamaları: 3B baskı yüzleriyle yazıcı gövdesinin boyutundan daha büyük bir nesne üretebilmek temel zorluktur. Üretilen nesnelerin boyutlarının kısıtlanması anlamına gelir. Büyük yazıcıların, büyük bir yere yerleştirilmesi gerekir. Bazı parçalar, bölümler halinde üretilmektedir. Bununla birlikte, parçaların bitmiş bir malın içine monte edilmesi için ek süre gerekmektedir.

1.7. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Kullanım Alanları

Teknolojik gelişmelerin hayatın her alanına yayılmasıyla birlikte, kişiler ve kurumlar zaman ve teknoloji kavramlarını en etkin şekilde kullanarak günlük hayatlarında ya da endüstride kullanılabilecek nesneler üretmek istemektedir. Hem maliyet hem de hız bakımından prototip üretim için avantaj sağlayacak teknoloji sistemi 3B yazıcılarıdır. Günümüzde üç boyutlu yazıcıların kullanıldığı çeşitli alanlar vardır (Ötleş, 2016). Bu alanlar:

1. Mühendislik: Gerçek modelleme, prototip, kalıp tasarımı, ürün geliştirmek, maliyetleri azaltmak, yeni ürünleri tanıtmak, mevcut ürün özelliklerini değiştirebilmek, ince işçilik ve en üst düzeyde karmaşık ürünlerin imalatı sırasında geometrik şekillerdeki ürünlerin kolayca üretilmesi için 3B yazıcı teknolojisi mühendislik alanında kullanılmaktadır (Wright, 2017).
2. Medikal: 3B yazıcı teknolojilerinin medikal alana etkisi, cerrahi ekipmanlarda görülmektedir. Bu pazardaki en büyük paya sahip cerrahi ekipmanlar; özel protez ve insan iskelet yapısıdır. Yeni inovasyonlarla 3B baskı teknolojisi ile doku ve kan damarları oluşturma aşamasına geçilmiştir. Bir sonraki adım ise biyo-baskı ve tamamen fonksiyonel insan organlarının basımıdır (Fathers, 2017)
3. Dental: 3B yazıcı teknolojisi; dental uygulamalar ve hastaya özel boyutlu ortopedik implantlar, diş hizalayıcılar olmak üzere dental alanda kullanılmaktadır. Ayrıca bu teknoloji kullanılarak yapılan implantlar, daha uzun ömürlüdür (Gupta, 2017).
4. Kuyumculuk: 3B yazıcı teknolojisi, kuyumculuk sektöründe, tasarımcıların metal ve elmas maddeleri seçerek sadece kendi istediği benzersiz ürünleri oluşturma imkanı sunmaktadır. Ayrıca, müşterilerin elektronik ortamdan seçeceği tasarımlarla kendilerine benzersiz ürünler sunabilmektedir. Dahası 3B yazıcı teknolojisi, küçük, hassas ve el ile yapılması pek mümkün olarak gözükmeyen karmaşık geometrik şekillerdeki mücevherlerin yapımında da kullanılmaktadır (Sedhom, 2015).
5. Mimarlık: Mimarlık alanı için önemli olan unsurlardan biri yapılan tasarımın ayrıntılarıdır. 3B yazıcı teknolojisi, mimarlık alanında daha ayrıntılı modeller ortaya çıkarma ve kurumların müşterileri için nihai projeleri daha iyi görmesine yardımcı olmaktadır. Bu durum ise, daha fazla müşterinin kazanımı anlamına gelir. Bir Stratasys 3B Yazıcı, bina modelleri üretirken zaman ve maliyetleri önemli ölçüde azalmakta, aynı zamanda çok hassas ayrıntıların tasarımını gerçekleştirmektedir. 3B yazıcı ile basılmış

modeller, geleneksel modellerden daha güçlüdür ve zaman içinde kırılmaz veya kopmaz (Howeidy & Arafat, 2017).

6. Sanat: Kapsamlı atölyelere gerek duyulmadan prototiplerin oluşturulabilmesi, eseri baştan üreterek en iyiye ulaşılabilmesi, el işçiliği ile oluşturulamayan geometrik şekillerin kolayca yapılmasına olanak sağladığı için üç boyutlu yazıcı teknolojisi sanat alanında kullanılmaktadır (Özgüven, 2015).
7. Arkeoloji: Arkeolojik çalışmalar sonucunda bulunan tarihi eserlerin modellerinin çıkarılarak ürün haline getirilmesinde kullanılmaktadır. Böylece kişilere veya kurumlara tarihi kalıntılarla ilgili açıklamaları daha basit bir şekilde yapabilmesine şekillere dokunma yoluyla öğrenebilmesine olanak sağlamaktadır (Abbott, 2017)
8. Eğitim: Öğrencilerin yaratıcılık becerilerinin artmasına, objelerin hızlı bir şekilde prototipinin yapılarak ders materyalleri olarak kullanılmasına ve yeni fikirlerin ortaya çıkmasına olanak sağladığı için 3B yazıcı teknolojisi eğitim alanında kullanılmaktadır (Erk, 2014).
9. Lojistik ve Tedarik Zinciri: Talep üzerine ürün basılabileceği için, 3B baskı teknolojisi envanter ve lojistik üzerinde de etkilidir. Nihai ürünlerin raflarda yığılıp depoya yerleştirilmesini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, daha küçük üretim işlemlerini mümkün kılarak imalat parti büyüklüklerinde azalma sağlamak ve bu firmaların talep ve arz oranı arasında sistemli bir ilişki oluşmasına imkan vermektedir. Bu, sisteme yeni verimlilik katmakla birlikte tedarik zincirinin de en basit parçalarına kadar çözümlenmesini sağlamaktadır (Oluwole, 2017). Bu alanda ilk kez Nike firması, SLA teknolojisini kullanarak, 3B yazıcı teknolojisi ile bir spor ayakkabının parçasını üretmiştir (Stahl, 2013).
10. Otomotiv: 3B yazıcılar, otomotiv endüstrisi için özellikle çekici gelir. Çünkü bazı durumlarda geleneksel üretim yöntemlerinin yapamayacağını 3B yazıcı üretebilmektedir. 3B yazıcılar ile hafif ağırlıklı otomobil parçaları üretilebilir. Bu üretim otomobilin ağırlığının azaltılmasına, otomobil performansının iyileştirilmesine ve daha iyi yakıt tasarrufunun elde edilmesi imkan verir (Thewihsen vd., 2016). Otomotiv firmaları satış sonrası hizmeti için yedek parça üretimi yapabilirler. Düşük talepli ve yüksek maliyetli parçaları talep anında 3B yazıcılarla üreterek hem kendi stok maliyetlerini azaltabilir hem de zaman açısından müşteri memnuniyetini artırabilir (Giff, Gangula, & Illinda, 2014).

1.8. Dünyada Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulamaları

Charles (Chuck) Hull tarafından gerçekleştirilen SLA 3B yazıcı teknolojisinin hayatımıza girmesinden sonra, farklı kişiler ve kurumlar üç boyutlu yazıcı teknolojisini geliştirmeye devam etmiştir. 1980'li yıllarda araştırma geliştirme çalışmalarına başlanan üç boyutlu yazıcı teknolojisinin 2007 yılından sonra günlük yaşama girmeye başlamıştır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin günümüzde öneminin arttığı başka bir alan ise Endüstri 4.0'dır. Endüstri 4.0; mevcut sanayinin dijitalleşme ve bilgisayarlaşma yönünde teşvik edilmesi ve yüksek teknolojiyle donatılması projesidir. Hızlı işlem ve maliyet açısından prototip üretiminde Endüstri 4.0'ın yanında getireceği en büyük teknolojilerden biri 3B yazıcı teknolojileridir (Çetinkaya, 2016). Mevcut platformlarda üç boyutlu yazıcı teknolojisinden yararlanılarak yapılan uygulamalar:

- ABD ordusu, Mayıs 2017' de 3B yazıcı teknolojisi ile el bombası atmak için RAMBO isimli bir aparat basmış ve bu aparatı denemiştir. RAMBO, 50 ayrı parçadan oluşmaktadır. Yaylar ve bağlantı elemanları hariç olmak üzere aparatın diğer tüm aksamaları 3B baskı teknolojisi ile yapılmıştır. Namlu ve alıcı, ABD Kara Kuvvetleri Satın Alma Destek Merkezi tarafından doğrudan toz metal parçacıklarının ergime noktasının altına düşürülmesi için yüksek güçlü hassas lazerler kullanan doğrudan metal lazer sinterleme tekniği kullanılarak alüminyumdan yapılmış, nesne bitene kadar katman katman tabaka üzerinde işleme devam etmiştir. 2014 yılına kadar ABD Deniz Kuvvetleri ise tekneleri gemileri ve gemilerde taşınan silahlarına yedek parçalar oluşturmak için bu teknolojiyi gemilere yerleştirmiştir. Ayrıca, hem Hava Kuvvetleri hem de Deniz Kuvvetleri, 3B baskıyı keşfetmek için politikalar oluşturmuştur. Böylece ordunun teknisyenleri, lojistik yükünü hafifletmesi ve kişilere özgü yapacakları tasarımlarla verimliliği arttırmayı amaçlamıştır (Zunino & Kook, 2017).



Resim 13. 3B Teknolojisi İle Üretilen Bomba Fırlatıcısı

Kaynak: Armymil, 2017

- Günümüzde dünyanın ilk 3B yazıcı teknolojisi ile güçlendirilen, öngerilmeli⁸, 8 metre uzunluğundaki ve 3.5 metre genişliğindeki beton köprü Eindhoven Teknoloji Üniversitesi'nde basılmıştır. Döngü köprüsü adı verilen bu köprü Hollanda'daki Gemert köyü çevresinde yeni bir yolun parçası olarak hizmete açılmıştır. Fakat köprünün şu anda sadece bisiklet yolu ve yaya yolu olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Araştırmacılar, 3B yazıcı teknolojiyle üretilcek betonlarda herhangi bir kalıp değiştirme işlemi söz konusu olmayacağından, geleneksel beton tekniklerine göre üç kat daha hızlı olacağını düşünmektedir (www.tue.nl.com, 2017).



Resim 14. 3B Baskılı Döngü Köprüsü

Kaynak: De Bruijn, 2017

- Çin'de cerrahlar 3B yazıcı ile felçli bir erkeğin tekrar yürümesine izin veren öncü bir operasyon gerçekleştirmiştir. Hastanın adı Yuan'dır. Hastanın doktorları, omurgasında kötü huylu bir tümörü yani kanserli parçaları çıkardıktan sonra omurilikteki dokuların zarar gördüğünü farketmiş ve bu kaybolan dokuların geri kazanımı için 3B yazıcı teknolojisini kullanarak 19 santimetre büyüklüğünde olan yapay implant üretmişlerdir. Tamamıyla titanyumdan yapılan bu implantlar, felçli hastanın yürüme alışkanlığını adımlarını yavaş atsa da geri kazanmasına imkan vermiştir (Hamill, 2017).



Resim 15. 3B Baskı İle Üretilen Yapay Omurilik İmplantı

Kaynak: (Alec, 2016)

⁸ Öngerilmeli beton herhangi bir yükü desteklemeden önce sıkıştırılarak oluşturulan bir beton türüdür.

- San Francisco merkezli start-up firması Apis Cor, Rusya'daki test tesisinde 3B yazıcı ile 24 saat içerisinde 38 metrekare büyüklüğünde ev inşa etmiştir. Ev; bir koridor, banyo, oturma odası ve mutfaktan oluşmaktadır. Bir ısı yalıtım tabakası olarak, sert polistren temelinde katı plakalar uygulanmıştır. Malzemenin düşük ısı iletkenliği (0.022 w/m^2) nedeniyle, çatı kaplama sisteminin kalınlığı ve toplam ağırlığı geleneksel yalıtım malzemelerinden çok daha hafiftir. Böylece ilave bir ısı yalıtım işlemi yapmaya gerek duyulmamıştır. Binanın toplam maliyeti 10.134 dolardır. Duvar yapılarının tamamlanmasından sonra, 3B yazıcı, bir vinç-manipülatörü ile binadan çıkarılmıştır. 24 saatte 3B yazıcı ile oluşturulan bu ev, zaman faktörü açısından ele alındığında, inşaat endüstrisi için devrim olarak sayılmaktadır (Apiscor, 2017).



Resim 16. 3B Yazıcı İle Oluşturulan Ev

Kaynak: Apiscor, 2017

- İlk 3B baskı ile 2014 yılında Strati adlı elektrikli otomobil, ABS karbon filtre harmanından yerel motorlarla, sadece 44 saat içinde Local Motors tarafından üretilmiştir. Strati, termoplastikten büyük bir alanda 3B yazıcı teknolojisi kullanılarak basılmıştır. Bu makine, tamamen geri dönüşümlü ve başka bir 3B yazıcı teknolojisi ile otomobil üretmek için geri dönüşüm işlemine tabi tutulabilmekte ve yeniden işlenebilmektedir. Araba basıldıktan sonra, pil, motorlar ve süspansiyon gibi mekanik ve elektrikli parçalar manuel olarak monte edilmiştir (Sreehitha, 2017).



Resim 17. 3B Yazıcı ile Oluşturulan İlk Otomobil

Kaynak: (Barker, 2016)

- Uzay alışmaları yürüten NASA, Made in Space şirketiyle bir anlaşma yapmıştır. Yapılan anlaşmayla uzayda çalışabilecek bir 3B yazıcı astronotlarla birlikte uzaya gönderilecek ve astronotların ihtiyaç duyduğu bir materyal olduğunda bu materyali NASA'ya bildirerek, 3B tasarımını NASA'dan isteyecektir. Daha sonra elde edilen tasarım, 3B yazıcı ile uzayda gerçek bir nesne olarak ortaya çıkarılabilecektir. Böylece, astronotlar ellerinde bulunan hammaddelerle ihtiyaç duydukları nesneleri üretebilecektir. Uzaya gönderilecek yazıcı, ısıtılmış plastik ekstrüzyonla çalışacak ve daha sonra 3B oluşturmak için katmanlama işlemiyle dizi işlem yapılacaktır. Bu proje uzayda çalışan bir "makine atölyesi" yaratmaya yönelik ilk adımdır. Böylece bu istasyon sayesinde maliyet ve risk azaltılacaktır (Loff, 2017)



Resim 18. NASA & Made in Space firmasının oluşturduğu 3B Yazıcı

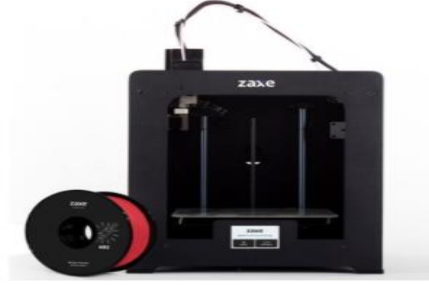
Kaynak: Loff, 2017

1.9. Türkiye’de üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulamaları

Global alanda hızlı prototip ve katmanlı üretimde st noktalara tırmanan 3B yazıcı teknolojisi, Türkiye ile buluşmakta gecikse de şu anda ulaştığı nokta hiç de azımsanmayacak seviyelerde olduğu söylenebilir. Dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de 3B yazıcıya duyulan ilgi giderek artmaktadır. Bu ilginin nedeni; yaratıcı fikirler ve tasarımların gerçek modellere, son ürünlere, parçalara ve prototiplere hızlı bir şekilde dönüştürülmesidir. 3B yazıcılarla artık yapılamayan ürünler bulunmamaktadır (Demir, 2018). Mevcut platformlarda Türkiye’de 3B yazıcı teknolojisinden yararlanılarak yapılan çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalar:

- Zaxe firmasının tamamen yerli üretim olan Zaxe 3B yazıcıların üretimini gerçekleştirmesi Türkiye’de yapılan en büyük girişim rneği olarak gösterebilir. Zaxe 3B yazıcılar, PLA ve ABS malzemelerini kullanmaktadır. Bu malzemeler arasındaki en temel fark, PLA'nın ABS gibi petrolden değil, mısıır nişastasından üretilmesidir. Ayrıca

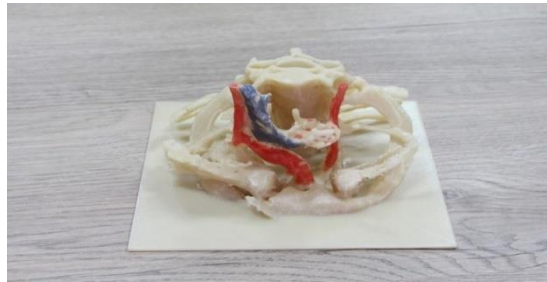
eğitim hayatında şu anda yerini alan bu yazıcılar, Wi-Fi teknolojisi ile bağlanan akıllı tahtalar ile kompakt bir şekilde çalışabilmektedir (Uğurlu, 2016).



Resim 19. Zaxe X1 Üç Boyutlu Yazıcı

Kaynak: Uğurlu, 2016

- Tıp alanında kullanımını gittikçe artan 3B yazıcı teknolojisinin örneklerini ülkemizde de görmek mümkündür. Endokrin Cerrahı Prof. Dr. Yeşim Erbil tarafından kullanılan bu yöntemde, hastaya ait hastalıklı bölgenin tomografisi alınmakta daha sonra alınan bu tomografinin üç boyutlu tasarımı CAD programlarıyla tamamlanarak yazıcıya gönderilmekte ve yazıcıdan prototip şeklinde çıktısı alınarak hastalığın ne boyutlarda olduğu rahatlıkla görülebilmektedir. 3B yazıcı teknolojinin kullanılmasının diğer bir sebebi ise, tomografi görüntülerinin 2 boyutlu olması ve bu nedenle hassasiyetin yüksek olduğu hastalıklı bölgelerin rahatça grlememesidir (zel, 2017).



Resim 20. 3B Yazıcı ile oluşturulmuş tomografi görüntüsü

Kaynak: NTV, 2017

- Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Dijital Grnteleme ve Modelleme Laboratuvarı 3B yazıcıları kullanarak kişiye özel anatomik modeller yaratıp kişinin ihtiyaı dahilinde kullanmaktadır. Merkezde kemik yapısına uygun benzer bir polimer malzeme kullanılarak kişiye özel kraniyal, orbita ve mandibula kemik implantı

üç boyutlu yazıcılarla tasarlanmaktadır. Merkezin diğer bir amacı ise; vucüt implant temininde dışa bağımlılığı en aza indirerek, yerli sanayinin gelişimine katkı sağlamaktır (Burada, 2017)



Resim 21. 3B Yazıcı ile Oluşturulan Anatomik Modeller

Kaynak: Burada, 2017

- Üç boyutlu yazıcı teknolojisinde dayanıklılığı, sertliği ve zaman faktörü gibi unsurlar nedeniyle, yoğun olarak plastik hammaddelerin kullanıldığı görülmektedir (Çaka, vd. , 2016). Metal ürünleri ve prototipleri ortaya çıkartmak için ise; metal 3B yazıcılara ihtiyaç duyulmaktadır. Türk Havacılık ve Uzay Sanayii AŞ (TUSAŞ/TAI) ve ASELSAN tasarım ve üretim yeteneklerini metal üç boyutlu yazıcılarla arttırmayı planlamaktadır. Metal 3B yazıcı teknolojisini kullanmak ve yaygınlaştırmak için TUSAŞ/TAI ve ASELSAN, Türkiye'de BTech Innovation ile işbirliği yapmaktadır. Bu teknoloji sayesinde TUSAŞ/TAI ve ASELSAN askeri araçların ve techizatlarının aynı zamanda hava araçlarının ve techizatlarının herhangi bir yerinde oluşan arızadan dolayı çıkarılan parçalar yerine, yenilerinin tedarik etmektense, aynı anda üretimini gerçekleştirebilecektir (Yıldırım , 2017).

İKİNCİ BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNİN EĞİTİM ALANINA YANSIMASI

2.1. Eğitim Alanında Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Kullanımı

3B yazıcı teknolojilerinin eğitim kurumlarında kullanılmasıyla, öğrenciler ders konularını deneyim yoluyla daha net kavrayarak, bilgileri daha kalıcı olarak zihinlerinde tutabilmektedir. Bu doğrultuda 3B yazıcı teknolojileri eğitim kurumlarında, öğrencilerin ilk fikirden, üç boyutlu tasarıma ve nihai nesnenin elde edilmesine kadar olan aşamaları, gözlem yoluyla deneyimlemesine, öğrencilerin derse aktif katılmasına ve karmaşık konuları kolayca öğrenmesine olanak sağlamaktadır. Örneğin; rüzgar türbinlerinin çalışma mantığını, fiziksel yapısını ve matematiksel oranlarını öğrenmek ve yapıyı incelemek için öğrenciler üç boyutlu tasarımı tamamlanmış rüzgar türbininin baskısını 3B yazıcı ile gerçekleştirebilir (Mcbride, 2017).

Günümüzde, dünyadaki eğitim sisteminin giderek Do-It-Yourself (Kendin-Yap) yaklaşımının benimsendiği görülmektedir. Öğrencilerin yenilikçi özelliklerini kendilerinin keşfedebildikleri bu yeni yaklaşımda, 3B yazıcı teknolojisinin katkısı büyüktür. Kendin-Yap öğrenme yaklaşımıyla birlikte, öğrencilerin kendi ilgi alanlarıyla etkileşimde olan objeleri 3B yazıcılarla bir ürün olarak bastırabilmesi, öğrencilerin hayal gücünü geliştirmesi ve imalat teknolojisine adaptasyonu için önemli bir eğitim yöntemidir (Brown & Hurst, 2012).

Eğitim kurumları 3B baskı teknolojilerini eğitim süreçlerine dahil ederek, dersleri daha etkileşimli hale getirirken, öğrencilerin bilgileri daha çabuk kavramasına ve FeTeMM (Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik), STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics/Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) alanlarına ilgi duymasına destek olmaktadır (Chamberlain & Meyers, 2015).

2.1.1. İlkokul Eğitim Seviyesinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Kullanımı

Eğitim alanında, öğretim yöntemi olarak kullanılmaya başlayan 3B yazıcılar, ilkokul seviyesinde kullanılmaktadır. İlkokul seviyesindeki öğrencilerin 3B yazıcıları kullanarak prototipler üretmesi, yaratıcı becerilerinin gelişmesine ve gelecekteki ileri teknoloji ile temas kurmasına katkı sağlamaktadır. Teorik olarak anlaşılabilmesi ve kavranması güç olan kavramların detaylı bir şekilde gözlem yapılmasına imkan sağlayan 3B yazıcılar, öğrencilerin anlama ve kavrama yeteneklerini geliştirmesine destek olmaktadır (Smeekes, 2015).

Değişen teknolojik gelişmeler, gelecekteki işgücünün tasarım, hesaplama ve bilgisayar kullanımında, teknik uzmanlaşmanın olması gerektiğini göstermektedir. Fakat bu beceriler esneklik, empati, yaratıcılık gibi insan özellikleriyle birleştirilmelidir. 3B yazıcı teknolojilerinin metal, polimer ve beton kullanan her türlü ürünü üretme kapasitesine sahip olması, ilkokul öğrencilerine erken yaşta bu becerilerin kazandırılması için fırsat sunmaktadır. Çünkü ilk fikirden, üç boyutlu tasarıma ve nihai ürüne kadar olan süreci öğrenciler isterlerse kendileri yönetebilir ya da gözlem yoluyla yeni fikirler geliştirebilir (Baker, 2016).

2.1.2. Ortaokul Eğitim Seviyesinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Kullanımı

3B baskı ve tasarım, ortaokul eğitim seviyesindeki öğrencilere halihazırda öğretilen fen, teknoloji, mühendislik, sanat, matematik ve tasarım becerilerini geliştirmek ve güçlendirmek için katkı sağlamaktadır. Ayrıca 3B yazıcıların ortaokul eğitim düzeyinde kullanılmasıyla (MakerBot, 2017):

- Öğrenciler, profesyonel tasarım becerileri kazanır.
- Gerçek dünyadaki mühendislik problemlerini simüle eder.
- Gelişmiş tasarım yetenekleriyle, lise eğitimine hazırlanır.
- Bir düşünceyi gerçekleştirmek için ortaokul öğrencilerine gerekli eleştirel düşünme becerilerini kazandırır.

Ortaokul eğitim kurumlarında verilen bilgiler, öğrencilerin başarısının devamı için hayati önem taşımaktadır. Ortaokul yıllarında öğrenciler, her şeyi çok çabuk unutabildikleri için; fen, teknoloji, mühendislik, matematik gibi içerikleri olan derslerde öğrencilerin ilgisinin çekeceği materyaller onlar için yaratılmalı, sunulmalı ya da onların hayal güçlerine

bırakılarak kendi materyallerini derslere uyarlamasına imkan sağlayacak uygun ortam oluşturulmalıdır. Bu materyalleri öğrenciler, 3B yazıcılarla oluşturarak ilk fikirden, üç boyutlu tasarıma ve nihai ürüne kadar olan kısmı inceleme imkanı bulacaktır. Böylece öğrencilerin FeTeMM konularına entegre edilmesi kolaylaşacak, bilgiler daha kalıcı zihinde yer edecek ve gerçek dünyadaki senaryolar ile problemlere daha kalıcı çözümler üretilecektir (Walker, 2016).

2.1.3. Lise Eğitim Seviyesinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Kullanımı

Üç boyutlu yazıcıların lise eğitim seviyesinde kullanılması, öğrencilere yinelenen mühendislik problemlerini çözmede destek olmaktadır. Öğrenciler gerçek dünyada var olan ya da kendilerinin oluşturduğu objelerin tasarımını, oluşumunu ve test kısmını 3B yazıcılarla deneyimleyerek, bu süreçte ya da süreç sonunda ortaya çıkan problemleri ayrıntılı bir şekilde yönetebilme imkanı bulmaktadır. Ayrıca öğrencilerin 3B yazıcı teknolojisini kullanması, el becerilerini ve hayal gücünü geliştirmekle birlikte gelecekteki fen, matematik, teknoloji ve mühendislik kariyerlerine devam etme olasılığını arttırmaktadır (Irwin, 2014).

Lise eğitim seviyesinde fiziksel prototipleme gereği duyulan mühendislik tasarım projelerinde ve öğrencilerin fen ve matematik anlayış temelini geliştirilmesinde 3B yazıcı teknolojilerinin kullanılması önemli rol oynamaktadır (Bull vd. 2014). Örneğin: Fen alanında, 10. Sınıf kimya sınıflarında atomik yapıyı anlatmak için 3B yazıcı teknolojileri kullanılmış ve öğrencinin öğrenimi ile verilen eğitim arasında pozitif ilişki olduğu olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (Chery, Mburu, & Ward, 2015). Fizik dersinde ise, Japon lise öğrencileri sesli frekansı 3B basılmış polis düdükleri yaratarak öğrenmiştir (Masato vd. 2018). Teknoloji ve mühendislikte, Minecraft gibi çok yönlü oyunlar kullanılarak öğrencilere hesaplama, tasarım ve teknolojik becerileri öğretmeye yönelik çalışma 3B yazıcılarla uygulanmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin hesaplama, tasarım ve teknik becerilerine odaklanma konusunda motivasyonunun arttığı, maker topluluklarının⁹ uygun fiyatlı üç boyutlu yazıcıların piyasada oluşmasına yol açtığı ve öğretmenlerin verimli bir şekilde kullanabileceği teknolojik fırsatlardan yararlanmaları gerektiği bulgularına ulaşılmıştır (Roscoe, Fearn, & Posey, 2014).

⁹ Maker hareketi teknoloji ile "kendin yap" kültürünün birleşmesinden oluşan, dünyada hızla yayılan bir akımdır.

2.1.4. Üniversite Eğitim Seviyesinde Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Kullanımı

Günümüzde, 3B yazıcı teknolojilerine sahip üniversiteler, öğrencilere bir şeyler tasarlama, bastırabilme ve anında geri bildirimde bulunma konularında yardımcı olmaktadır. Ayrıca, öğrencileri, eleştirel düşünme ve işbirliği becerileri isteyen disiplinler arası projelere hazırlarken, öğrencilerin mezuniyet sonrası endüstriyel alanlara adapte olmasını sağlayacak yatkınlığı da 3B yazıcı teknolojileri ile kazanmasını sağlamaktadır (Freedman, 2016).

Birçok üniversite öğrencisi, kişisel yaşamlarında dijital teknolojileri kullanmakta ve tasarımı ile ilgili dersler gören öğrencilerin tasarım yetenekleri fiziksel objeleri basarak gelişmektedir. Geçmişte üniversitelerde bir objenin prototipini yapmak için karton ya da köpük gibi materyaller kullanılmaktaydı. Günümüzde ise; 3B tasarım ve 3B yazıcı teknolojilerinin üniversitelerde kullanılmasıyla öğrenciler, oluşturmak istedikleri objelere daha yaratıcı bir şekilde yaklaşabilmekte ve neredeyse istedikleri tüm hammaddelerin basımını yapacakları objelerde kullanma avantajını elde etmektedir. Ayrıca, üniversite öğrencilerinin 3B yazıcı teknolojilerini kullanması, onların 3B tasarım yeteneklerini geliştirmekle beraber öğrencilerin özgün olmasına da olanak tanımaktadır (Loy, 2014).

3B yazıcı teknolojileri, üniversitelerde öğretim ve araştırma olanakları yaratırken, ayrıca öğrencilere hemen hemen her endüstriyel alanı etkileyen bir teknolojiyle aşina olmalarını sağlamaktadır (Pryor, 2014).

Katmanlı üretim, üniversitelerde nitelikli öğrencileri ve çok disiplinli araştırmacıları cezbeden sıcak bir konudur. Katmanlı üretim dersleri, üniversitelerde hem erkek hem de kadın öğrencilerin ilgisini çekmektedir. Ayrıca günümüzde masaüstü 3B yazıcı teknolojilerinin fiyatlarındaki belirgin düşüşler nedeniyle üniversiteler mühendislik, sanat ve endüstriyel tasarımlara kadar birçok alanda katmanlı üretim yöntemini kullanmak için 3B yazıcı teknolojilerinden yararlanmaktadır (Ålgårdh vd., 2017).

2.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin STEM/FeTeMM Eğitime Etkisi

STEM eğitimi olarak dünya literatüründe yerini alan aynı zamanda ülkemizdeki literatürlere FeTeMM eğitimi olarak geçen fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin birbiriyle entegre bir şekilde öğretilmesini kapsayan ve okul öncesinden başlayarak yüksek öğretime kadar tüm süreci içeren bir eğitim yaklaşımıdır (Aydeniz vd., 2015). STEM eğitiminde konuların gözlemlenerek öğrenilmesi için, fen ve matematik derslerinde elde edilen teorik bilgilerin,

teknoloji veya mühendislik sınıflarında somut bir objeye dönüştürülmesi gerekmektedir (Sanders, 2009).

Dijital imalat teknolojileri ve 3B baskının kullanımı tutarlı bir STEM öğrenme deneyimini teşvik eder. 3B tasarımı ve baskısıyla gerçekleştirilen objeyi, öğrenciler detaylı inceleme ve STEM konularını kapsamlı bir şekilde öğrenme fırsatı elde eder. Ayrıca tüm bu süreçlerin deneyimlenmesi, öğrencileri endüstriyel teknoloji kullanımına hazırlar (Stansell & Tyler, 2016).

Eklemeli üretimin, eğitim kurumlarında ve eğitim kurumları dışında öğrenciler ve yetişkinler olmak üzere geniş bir kullanıcı kitlesine sahip olmasından dolayı STEM eğitimi için büyük bir potansiyele sahiptir. Düşük maliyetli, 3B yazıcı ekipmanlarının bulunması, ilköğretim, ortaöğretim ve ortaöğretim sonrası eğitimin tümünde eklemeli üretimin kullanılabileceği uygulamalı laboratuvarlar için fırsat yaratmaktadır. Bu laboratuvarlar, yalnızca geleneksel mühendislik tasarımlarında kullanılmaz aynı zamanda biyolojik bilimler (moleküler modelleme), tıp (ortopedik implantlar ve doku mühendisliği), moda tasarımı (giyim, ayakkabı ve mücevher), spor bilimi (koruma ekipmanları), kolluk kuvvetleri ve arkeoloji (kemikler ve eserler), iç mekan tasarımı (alan ve tesis planlaması) ve mimari (ölçekli modeller) tasarım projelerinde de kullanılır (Scott vd., 2012).

STEM eğitimi hakkında yapılan bir araştırma, öğretmenlerin entegre bir STEM eğitim yaklaşımı kullandıklarında öğrencilerin daha motive olduklarını ve matematik içerik değerlendirmesinde daha başarılı olduklarını göstermiştir. Ayrıca öğrencilerin 3B baskı teknolojisini kullanarak mühendislik tasarımı ve prototipleme çözümlerini içeren öğrenme faaliyetlerine katıldıklarında, STEM derslerine karşı ilgilerinin önemli bir şekilde arttığı bulgusuna ulaşılmıştır (Tillman vd., 2014).

Eğitim kurumlarındaki üç boyutlu baskı ve tasarım sınıfları; öğrencilerin motivasyonunu, ilgi alanlarını, matematiksel becerisini ve gerçek yaşam becerisini geliştirmede, olumlu bir etki yaratmaktadır. Sınıflarda 3B baskı ve tasarım işlemlerini gerçekleştirmek, öğrencilerin STEM konularını öğrenerek deneyimlemesine imkan sağlamaktadır. Bununla birlikte, teknoloji ile entegre edilmiş bu sınıflarda, eğitim veren öğretmenlerin, kişisel teknolojik bilgi altyapısının yeterli düzeyde olması, öğrencilerin başarısı üzerinde olumlu etki yaratmaktadır (Kwon, 2017).

2.3. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Eğitim Alanına Sağladığı Avantajlar

3B yazıcı teknolojilerinin ortaya çıkışı ve okul sınıflarında bir eğitim teknolojisi olarak kullanılması, öğrencilerin bireysel yeteneklerini geliştirmesi, yaşama hazırlanması ve dijital çağı takip etmesi gibi temel konularda önemli avantajlar sağlamaktadır (Trust & Maloy, 2017). Ayrıca üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin sağladığı diğer avantajlar şu şekildedir:

- 1- Etkileşimli öğrenme kolaylığı: 3B yazıcı teknolojilerinin eğitim kurumlarında kullanılması; öğrencilerin derse katılımına, öğrenme kazanımına ve müfredatın zenginleşmesine katkı yapar. 3B yazıcı teknolojileri, öğrencilerin yeni kavramları ve zihinlerindeki fikirleri gerçeğe dönüştürmelerine imkan sağlayarak, yaratıcılık becerilerinin gelişmesine katkı yapar. Aynı zamanda öğrencilere bir dizi pratik beceri kazandıran 3B yazıcılar, gelecekteki istihdam edilebilirlik oranlarını da arttırmaktadır (Owen, 2017).
- 2- Problem çözme becerilerinin desteklenmesi: Günümüzde endüstri alanı, bir sorunu hızlı bir şekilde tespit edebilen, yenilikçi çözümler üretebilen ve üretilen bu çözümleri esnek bir şekilde problemlere uyarlayabilen bireylere ihtiyaç duymaktadır. Eğitim kurumlarında üç boyutlu yazıcı teknolojileri kullanılarak, öğrenciler gerekli problem çözme becerilerini hızla netleştirebilir, ürünlerini değerlendirebilir ve hata noktalarını belirleyebilir. Böylece 3B yazıcı teknolojileri ile uygulamalı öğrenme fırsatı yakalayan öğrenciler kariyerleri için ön hazırlık yapmış olur (Linneman, 2017).
- 3- Yaratıcılığın ve inovasyonların desteklenmesi: Eğitim kurumların da üç boyutlu yazıcı teknolojileri laboratuvarının olması, genç yeteneklerin, sürdürülebilir ve gelecek odaklı desteklenmesinde önemli rol oynamaktadır. Uzman kişilerin verdiği bilgiler sonucunda, öğrenciler erken yaşta kendi fikirlerini 3B yazıcı teknolojisiyle gerçekleştirmektedir ve teknolojinin en yeni uygulamalarını kendi fikirlerin de uyarlama imkanı bulmaktadır (Thurn, Bâlc, Gebhardt, & Kessler, 2017). 3B yazıcılar, robotik ve 3B modelleme uygulamaları gibi araçları öğrenciler için erişilebilir hale getirir. Öğrenciler robotların prototiplerini 3B yazıcılarla oluşturarak, disiplinler arası çalışma imkanı bulabilmektedir (Vries, Kamp, & Klaassen, 2017).
- 4- Erişebilirlik ve maliyet: Günümüzde her eğitim seviyesi için eğitim kurumları mükemmel eğitim araçları üreten, uygun fiyatlı ve yüksek kaliteli 3B yazıcıları satın alabilir. Ayrıca eğitim kurumları, kendisini basabilen RepRap yazıcıları gibi açık kaynak kodlu projelerden yararlanarak kendi 3B yazıcısını üretebilir. Açık kaynak kodlu

projelerle, donanımsal özelliklerin üretildiği 3B yazıcıların, yazılımsal ihtiyacı da yine açık kaynak kodlu ücretsiz yazılımlarla giderilebilir. Tüm bu süreç, eğitim kurumlarının 3B yazdırma maliyetlerinde avantaj sağlarken aynı zamanda öğrencilerin de herhangi 3B tasarım yazılımının lisansını satın almadan, evlerinde projelerini gerçekleştirmesine ve üzerinde çalışmasına imkan sağlamaktadır (Pearce, 2017).

2.4. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Eğitim Alanındaki Dezavantajlar

3B yazıcı teknolojilerinin eğitim alanına getirdiği dezavantajları ilgili literatürde görmek oldukça zordur. Fakat dikkat edilmesi gereken temel dezavantajlar şu şekildedir:

- 1- 3B yazıcı teknolojileriyle ilgili mevzuat ve düzenlemelerin eksikliği nedeniyle silahlar, uçaklar için parçalar, askeri araç ve gereçler, ticari veya savunma operasyonları için sahte parçalar, uyuşturucu veya kimyasal silahlar gibi tehlikeli materyalleri çocuklar 3B tasarım ve yazıcıyı kullanarak kolaylıkla, düşük maliyetle ve çok hızlı bir şekilde ulaşabilmektedir. Tüm bu tehlikeli süreçleri önlemek için yazılım sınırlamaları ve ebeveyn kontrolleri kullanılabilir (Pîrjan & Petroşanu, 2014).
- 2- Üç boyutlu yazıcı teknolojilerine sahip eğitim kurumlarında öğrenciler, internetteki bilgilerden veya kitap, dergi gibi araçlardan yararlanarak plastik silah gibi tehlikeli araçları üretmek için istekli olabilir (Association, 2014).

2.5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Eğitim Alanına Adaptasyonu Gerçekleştirilirken Karşılaşılan Zorluklar

Kişiselleştirilmiş ürünler, fiziksel dokunulurluk, bağımsız ürünler üretme ve fiziksel eserlerin gözlemlenebilirliği de dahil olmak üzere Eisenberg (2013) tarafından yapılan çalışma da sanal ürünlere kıyasla 3B yazıcıyla üretilen ürünlerin avantajlarını belirtmiştir. Eisenberg'in çalışmasına göre; 3B yazıcılar, çocukların erişebileceği imalat sektörüne geçişte ve teknolojiyi yakalama konusunda ayrıca önemli bir teknolojik araçtır. Tüm bunlara rağmen, Eisenberg'e göre üç boyutlu yazıcı teknolojisini uygulamaya koyarken karşılaşılabilecek bazı zorluklar vardır. Bu zorluklar:

- 3B yazdırma teknolojileri için gerekli fiziksel ortamın büyüklüğü,
- Robotik mekanizmalardan türetilen fikirlerin. 3B yazıcıya dahil edilmesi,
- Taşınabilir ve her yerde bulunabilen yazdırma aygıtlarına ulaşım zorluğu,

- Elle özelleştirilmiş ve somut basılmış nesnelerin birleştirilmesi için farklı araçlara ihtiyaç duyulması,
- Yazdırma sürecinde 3B yazıcı kaynaklarının belirlenmesi, değiştirilmesi ve birleştirilmesi için yazılım tekniklerinin geliştirilmesi, 3B yazıcı teknolojilerini eğitim kurumlarına entegre edilirken karşılaşılabilecek zorluklardır (Eisenberg, 2013).

Yunanistan’da üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin eğitim kurumlarına adaptasyonu konusunda Kostakis, Niaros & Giotitsas (2015) iki lise dahilinde yaptığı üç aylık bir çalışmanın genel sonucunda eğitim kurumlarına 3B yazıcı teknolojisini entegre etmenin öğrencilere olumlu yansıdığı ve öğrencilerin daha yaratıcı olmasına destek sağladığının sonucuna erişilmiştir. Bununla birlikte, 3B yazıcı teknolojilerinin eğitim kurumlarına adaptasyonu sağlanırken bazı zorluklarla karşılaşılmasının olası olduğu belirtilmiştir. Bu zorluklar:

- Çoğu öğrencilerin temel bilişim teknolojileri bilgisine sahip olmasına rağmen, teknolojik okuryazarlık ve yeni teknolojilere ilişkin ilgilenim düzeyleri açısından önemli farklılıklarının olması,
- Öğrencilere az sayıdaki kısıtlamalarla 3B tasarım ve baskı özgürlüğü verildiğinde, ortaya önemli derecede çeşitlilik çıkmaktadır. Bu çeşitlilikler nedeniyle öğretmenler ve danışmanlar sorunları gidermekte zorluklar yaşamakta,
- Açık kaynak olsa bile, 3B yazıcı teknolojilerinin maliyeti,
- Teknolojik gelişmelere öğretmenlerin ayak uydurması gibi bir zorlukla karşılaşılması 3B yazıcı teknolojilerinin eğitim kurumlarına entegre edilmesi sırasında yaşanan bir diğer zorluktur (Kostakis, Niaros, & Giotitsas, 2015).

2.6. Eğitim Alanında Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi ile Yapılan Uygulamalar

Dijital imalat teknolojilerinin eğitim alanını desteklemesi, yeni bir teknolojik uygulama değildir. Dijital imalat teknolojilerinin eğitim alanındaki potansiyeli, mimarlık eğitimcileri tarafından keşfedilmiştir. Williams Mitchella ve MIT Mimarlık ve Planlama Okulu, 1990’ların sonlarında bir mimarlık okulunda ilk dijital imalat laboratuvarını kurmuştur. Dijital teknolojiler laboratuvarı, ilk başlarda sayısal model teknikleriyle ilgili çalışmalar yaparak yeni teknikler geliştirmeye odaklanmış olmasına rağmen bir süre sonra dijital tasarım imalat grubuna doğru bir değişim geçirmiştir (Celani, 2012).

3B yazıcı ve tasarım uygulamalarının eğitim alanındaki ilk izlerini 2001 yılında Mark, Martens ve Oxman'ın belirttiği şu sözlerde görmek mümkündür: “3B modelleyiciler, 3B tarayıcılar, sürükleyici sanal ortamlar ve hızlı protipleme hem öğrencilerin hem de öğretmenlerin mimari yapıları yeniden tasarlamasına ve araştırmalar yapmasına destek olacaktır” (Mark, Martens, & Oxman, 2001). Eğitim alanında 3B yazıcı teknolojileri ile yapılan başlıca diğer uygulamalar şu şekildedir:

- 3B yazıcı teknolojileri kullanılarak anatomi bilimi kaynaklarının üretimi: Paul G. McMenamin ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan çalışmada, insan anatomik materyallerinin 3B yazıcı teknolojileri ile doğru kopyalarının yapılarak öğretim materyalleri olarak kullanılması amaçlanmıştır. Proje boyunca disseke¹⁰ edilmiş insan, anatomik numunelerin, doğru 3B yazıcı teknolojileri kullanılarak hızlı ve ekonomik olarak nasıl üretilceğini göstermişlerdir. Çalışma sonunda 3B yazıcı teknolojilerinin patoloji öğretimi, veteriner anatomi öğretimi, zoolojik örnek üretimi, nadir müze örneklerinin yeniden üretilerek öğretilmesinde önemli bir rol oynayacağı bulgusuna ulaşılmıştır (McMenamin vd., 2014).
- Üç boyutlu baskı ve akustik öğretim programı: Leitman ve Granzow (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, müzik aletlerinin üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile oluşturularak öğrencilerin matematik ve fen derslerine yatkınlığının artırılması ve akustik müzik aletlerinin öğrenciler tarafından geliştirilmesi amaçlanmıştır. Proje kapsamında trompet müzik enstrümanı 3B yazıcı teknolojisiyle parçalar şeklinde oluşturularak, öğrencilere her parçanın incelenebilmesi için olanak sağlamıştır. Tüm proje tamamlandıktan sonra öğrencilerin yapılan akustik enstrümanı denemesi ve verdikleri tepkinin olumlu olması, diğer müzik aletlerinde öğretim programı kapsamında geliştirilmesi yeni projeler kapsamında amaçlanmıştır (Leitman & Granzow, 2016).
- Senirkent MYO’da Özsoy (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 3B yazıcı teknolojisinin meslek yüksekokulu eğitim hayatına uyarlanabilirliğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Böylece öğrencilerin daha becerili, teknik ve donanımlı hale gelerek ülkenin gelecekteki sanayi stratejisi hedeflerine ulaşmasında olumlu etki yapacağı öngörülmüştür. Çalışmada 3B yazıcı teknolojisiyle jet motoru, otomotiv diferansiyali ve

¹⁰ Tıp literatüründe sıkça kullanılır, keserek ayırmak anlamına gelmektedir.

robot kol prototip tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiş olup, öğrencilerin zihinsel, mesleki ve toplumsal gelişimlerine olumlu etki yaptığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ayrıca, 3B yazıcı teknolojisiyle yenilikçi eğitim uygulamalarının kullanılması ve verilmesi, teknik eleman yetiştiren meslek yüksekokullarının ülkemizin “Dijital Dönüşüm” devrimini gerçekleştirmesinde önemli katkı sağlayacağı öngörülmüştür. Çalışmanın sonucunda, 3B baskı teknolojisi kullanılarak, öğrencilerin karmaşık konuları daha kolay anlaması ve teorik derslerde küçük prototipler yapılarak öğrencilerin ilgisi ve motivasyonunun arttığı saptanmıştır. Ayrıca sanayiye teknik eleman yetiştiren meslek yüksekokullarında, 3B yazıcı teknolojisinin eğitiminin verilebileceği sonucuna ulaşılmıştır (Özsoy, 2019).

- 3B yazıcı teknolojilerinin eğitim hayatına uyarlanması stratejik bir öneme sahiptir. Kökhan ve Özcan (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 3B yazıcı teknolojilerinin kullanılmasının, detaylı ve karmaşık konuların öğrencilere açıklanmasında önemli bir yere sahip olduğu ve öğrencilerin bu teknoloji yardımıyla derse ilgilerinin ve katılımlarının sağlanmasının yanı sıra sınıf içi etkileşimin daha kolay olacağı bulgularına ulaşılmıştır. Bu yolla öğrencilerin kariyer hedeflerini belirleyebileceği ve kendilerine değerli beceriler kazandırılabilceği belirlenmiştir. Çalışmanın sonucu olarak; 3B yazıcı teknolojilerinin yaygın olmaması nedeniyle eğitim hayatına entegre edilmesinin önemli olduğuna dikkat çekilmek istenmiştir. Ek olarak, 3B yazıcı teknolojisi dahilinde maliyetlerin düşmesi, bu teknolojinin eğitim kurumlarında yaygın kullanımının artmasıyla eğitimci ve öğrenci arasındaki etkileşimin kolayca olacağına ve öğrencilerin aklındaki fikirlerin elle tutulur nesnelere dönüşmesiyle yaratıcılık ve yenilikçi düşünce yeteneği kazanmalarının kolaylaşacağı belirlenmiştir (Kökhan & Özcan, 2018).
- Eklemeli üretim ve 3B baskı teknolojilerinin ortaya çıkışı, çeşitli konularda ve eğitim ortamlarında endüstriyel beceri eksiklikleri ve yeni öğretim uygulamaları için fırsatlar sunmaktadır. Ford ve Minshall (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 3B baskı teknolojilerinin eğitim ortamına olumlu etkisinden çok fazla kaynakta bahsedilmesine rağmen, ortaya atılan fikirler, atıfta bulunan kaynakların dağınıklığından bahsedilmiştir. Buna yanıt olarak, gelişmiş bir literatür araştırma yapmaya karar vermişlerdir. Araştırma kapsamında, okullarda, üniversitelerde, kütüphanelerde ve özel eğitim ortamlarında 3B baskının uygulanmasını altı kullanım kategorisinde incelemişlerdir. Bunlar:
- Öğrencilere, üç boyutlu baskının öğretilmesi,

- Eğitimcilere, 3B baskı hakkında bilgi verilmesi,
- Eğitim sırasında destek teknolojisi olarak kullanılması,
- Öğrenmeye yardımcı olan eserlerin üretilmesi,
- Yardımcı teknolojilerin üretilmesi,
- Sosyal yardım faaliyetlerinin desteklenmesi.

Çalışmada her ne kadar 3B baskı temelli öğretim uygulamalarına ilişkin kanıt bulunabilse de uygulamanın eğitim ortamlarında kullanılmasının olgunlaşmadığından bahsedilmiştir. Çalışmanın sonucu olarak, 3B baskı teknolojilerinin nerede ve nasıl kullanılacağına dair bazı önerilerde bulunulmuştur. Bunlar:

- 3B baskı teknolojisi eğitimi eksikliğini yaşayan öğrencilerin ve öğretmenlerin çevrimiçi kurslarla (3Dhubs, fablaps, makerspaces) bu eksikliğini giderebileceği,
- Çevrimiçi kurslar ve platformlar deneyimlenerek, eğitim sistemleri içine adapte edilmesi ve bütünsel bir deneyimin eğitim sistemini nasıl etkileyeceği konusunda daha iyi bir anlayış gerektiği,
- Öğretimi destekleyecek birçok çevrimiçi materyal olmasına rağmen, öğretimi destekleyecek uygun bir ders kitabı olmadığını, böyle bir kitabın ya da ek öğretimi destekleyecek materyalin dahil edilerek 3B baskı teknolojileri eğitim sürecini basitleştirileceği belirtilmiştir (Ford & Minshall, 2019).
- Tarih/sosyal bilgiler dersliklerinde 3B modelleme ve basım: Maloy vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ortaokul öğrencileriyle tarih ve sosyal bilgiler dersleri dahilinde 3B baskı teknolojilerinin etkisinin çalışması gerçekleştirilmiştir. Üniversitede gerçekleştirilen çalışmada, 3B baskı teknolojilerini öğrenme ve öğretmenin bir konusu olarak görmüşlerdir. 3B baskıyı ve modellemeyi dünya coğrafyası ve ABD tarihi ve devlet/yurttaşlık bilgisi üzerine müfredat konularına entegre etmeyi düşünmüşlerdir. Çalışmada elde edilen bilgiler sonucunda; öğretmenler ve öğrenciler başlangıçta sosyal bilgiler kavramlarının 3B basılı objelerle hayal etmenin zor olduğunu düşünmüşlerdir. Tarih konuları hakkında fikirlerini gösterme açısından 3B tekniğinin olumlu etkisi olduğu ancak öğretmenler ve öğrencilerin bu programın kullanımını zor olarak nitelendirdiği görülmüştür. Ancak gerekli uzmanlık eksiklerinin giderilmesiyle, sonucu öğretmenler ve öğrenciler arasındaki etkileşimin artması sonucunda, öğretmenler tarih ve sosyal bilgiler konularında 3B baskı teknolojisinin önemi hakkındaki görüşlerini değiştirmişlerdir. Tarih ve sosyal bilgiler konularının 3B baskı teknolojisiyle

entegrasyonunun daha kolay olacağı öğretmenler tarafından belirtilmiştir. Ayrıca, öğrencilerin tarih ve sosyal bilgiler derslerinde 3B baskı teknolojilerini kullanması, derslere daha aktif katılmasına, motivasyonunu iyi yönde etkilemesine neden olmuştur. Çalışmanın sonucunda, tarih ve sosyal bilgiler müfredatında 3B baskı teknolojisinin yerini almasına karar verilmiştir (Maloy vd., 2017).

- K – 12 eğitimi için üç boyutlu fosiller: Fosiller ve paleontoloji¹¹ bilimi, STEM öğretme ve öğrenmeyi bütünleştirmek için etkili bir avantaj sağlar. Grant ve arkadaşları (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 3B baskı teknolojileri kullanılarak fosillerin ve paleontoloji biliminin K-12 müfredatına entegrasyonunun yapılabileceği öngörülmüştür. Ayrıca öğrencilerin 3B baskı teknolojileriyle ilgi çekici ve farkındalık yaratacak konuları entegre etmesi kendi düşüncelerini ortaya çıkarma konusunda büyük katkı sağlayacağı çalışmada öngörülmüştür. Bu kapsamda nesli tükenen Neojen dev köpekbalığı Megalodon'un dişlerinin prototipi için STEM yaklaşımının dört bileşeninin hepsi 3B baskı teknolojisi ile kullanılmıştır. Prototip Kaliforniya ve Florida’ da iki ortaokul ve iki lisede uygulanmıştır.

Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler dahilinde, öğrencilerin evrim, iklim, fosil ve paleontoloji gibi konularda 3B baskı teknolojileri kullanarak çalışmalar yapması ve müze örneklerine bu şekilde erişmesinin hem düşünme yeteneğinin gelişmesine hem de müfredat geliştirmek için, ABD'deki K-12 okullarında muazzam bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen diğer bir sonuç diğer bir sonuç ise; öğrencilerin 3B tarama ve baskı teknolojilerinin etkileyici kullanımıyla entegre STEM uygulamaların da öğrencilerin ilgisini de etkilediği ortaya konmuştur. Özellikle, paleontoloji odaklı ve 3B teknolojiyle aşılanmış öğrenme deneyimleri, öğrencilere şu olanakları sunduğu tespit edilmiştir. Bunlar:

- 3B basılı fosilleri analiz etme, veri toplama ve sonuçları çıkarma;
- Açık kaynaklı yazılım kullanarak 3B fosil dosyalarını analiz ederek temel 3B modelleme bilgisi geliştirme,
- Matematiksel tahminleri modelleme ve tahmin etme,
- STEM disiplinleri arasındaki bağlantıları anlama,

¹¹ Paleontoloji yani fosilbilim (taşılabilim) dünya üzerinde yüz binlerce yıl önceki hayati inceleyen bilim, eskivarlık bilim. Fosiller üzerinde çalışan bir bilimdir.

- Yirmi birinci yüzyıl becerilerini geliştirmesi geliştirmesidir.

Ayrıca, Grant vd. (2017) müzelerden uzak ya da kırsal kesimdeki eğitim kurumları için, 3B yazıcı teknolojilerinde düşen maliyetlerle birlikte müzelerde sergilenen eserlerin sınıflarda baskının yapılabileceğinin de önerisinde bulunmuşlardır (Grant vd., 2017).

- Üç yıl: STEM tabanlı derslerde 3B teknolojisinin etkisinin analizi; Araştırmanın temelleri 2013 yılında Perez ve arkadaşları (2017) tarafından atılmıştır. Araştırma kapsamında 3B yazıcı teknolojisini sınıf projelerinde kullanabilmek için gerekli altyapının tasarlanması ve geliştirilmesi 2014 yılına kadar sürmüştür. Araştırma mühendislik öğrencilerini kapsayan üç grupta 2014 yılı sonbahar dönemi başlamıştır. Çalışmanın amacı mühendislik sınıflarında beyaz veya kara tahta kullanma oranını azaltmak, ayrıca mühendislik sınıflarına ilk girişte, 3B yazıcı teknolojiyle en sık kullanılan bazı kavramların fiziksel 3B model temsilini oluşturmaktır. Çalışmada yer verilen bu kavramlardan bazıları şunlardır:

- Eleştirel düşünme,
- Temel ve orta düzeyde bilgisayar becerileri,
- Üç boyutlu vektörler,
- Bilgisayar simülasyonu,
- Sistem mühendisliği ve sistem düşüncesi,
- Zaman yönetimi,
- Araştırma teknikleri,
- Sunum becerileri ve proje yönetimi teknikleridir.

Son olarak, çalışma kapsamında 3B yazıcı teknolojisinin sınıf ortamlarında kullanılmasının maliyetli olup olmadığının analizi yapılmıştır. Perez ve arkadaşları (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın bulguları ise şunlardır:

- Öğrencilerin 3B yazıcı teknolojiyle sınıf içindeki etkinliklere bağlı kalmalarının akademik performansında artışa neden olması,
- İlk yıl için 3B yazıcı maliyetinin 2300 dolar olması 70' den fazla birinci sınıf öğrencisine olumlu yönde etki yapmasına neden olmakla birlikte çalışmanın sonraki yıllarında maliyet giderek azalmıştır.

- Öğrenciler aynı zamanda 3B teknolojisiyle son derece ilgi çekici projeler tasarlamışlar ve eğitmenler projeleri pedagojik¹² olarak değerli bulduklarını tespit etmişlerdir (Perez vd., 2017).
- Etkili bir eğitim aracı olarak 3D Baskı MEMS tasarım ve imalatı: Mikrofabrikasyon teknolojisi, küçük ve yüksek hassasiyetli MEMS (Mikro Elektrik-Mekanik Sistemler) cihazları için yerleşik bir üretim tekniğidir. Dehla & Rasel (2015) tarafından MEMS bileşenlerinin üretim ve modelleme süreci hakkında derin bir düşünce yapısına sahip, yetenekli, yenilikçi ve kariyerine hazır mühendisler üretmeyi amaçlayan ödevler ve proje modülleri içeren bir dönemlik çalışma gerçekleştirilmiştir (Dehla & Rasel, 2015). 3B baskı teknolojisini kullanarak MEMS cihazlarının mikrofabrikasyon sürecini ve tasarımını modellemek ve simüle etmek için yüksek etkili ve düşük maliyetli bir öğrenme aracı olarak geliştirilen bir dizi ders modülü sunmayı amaçlamışlardır. Çalışmada mikrofabrikasyon teknolojisinin, küçük ve yüksek hassasiyetli MEMS cihazları için etkili bir üretim tekniği olduğu ve bu işlemlerin pahalı bir yüksek vakum ekipmanlarının kullanılmasıyla temiz bir odada gerçekleşebileceğinden söz edilmiştir. Ancak temiz oda ve temiz oda ekipmanlarının çok maliyetli olması birçok kampüs ve testlere sınırlı erişim imkanı vermektedir. Çalışma, 3B baskının kullanımı sayesinde, MEMS cihazlarının üretim sürecini taklit etmek ve temiz bir odaya önemli miktarda zaman ve para yatırımı yapmadan bu alanın daha iyi anlaşılabilceği bulgusuna ulaşılmıştır. Ek olarak, 3B baskı tasarım ve simülasyon süreci, öğrencinin çok katmanlı MEMS üretim sürecini daha ayrıntılı görmesine ve anlamasına yardımcı olurken, aynı zamanda nihai ürünü fiziksel olarak incelemelerini sağlamıştır.

¹² Eğitim bilimsel, eğitimsel.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

3.1. Araştırmanın Amacı

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin, gün geçtikçe hayatın her alanında yerini aldığı görülmektedir. İlgili yazında daha çok farklı üretim alanları içerisinde uygulandığı görülen bu teknolojinin, özellikle eğitim alanında da kullanılmasının, öğrencilerin zihinsel gelişimlerinin ve yaratıcılıklarının artması üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ifade edilmektedir. Bu çalışma, üç boyutlu yazıcı teknolojisini ilk kez deneyimleyecek olan ortaokul ve lise seviyesindeki öğrencilerin, bir obje oluştururken tüm sürece ilişkin gözlemlerinin belirlenmesi, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine yönelik algı, tutum ve davranışlarının ortaya çıkarılmasını amaçlamaktadır.

3.2. Araştırmanın Hipotezleri

İlgili yazının incenlemesi sonucunda araştırmanın hipotezleri oluşturulmuştur. Bu hipotezler aşağıdaki gibidir:

H₁: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin *demografik özelliklerine göre farklıdır.*

H_{1a}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin *cinsiyeti* açısından farklılık gösterir.

H_{1b}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin *yaşları* açısından farklılık gösterir.

H_{1c}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin *eğitim düzeyleri* açısından farklılık gösterir.

H_{1d}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin *sınıf düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{1e}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin *gelir düzeyleri* açısından farklılık gösterir.

H_{1f}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin *annesinin eğitim düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{1g}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin *babasının eğitim düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H₂: Üç boyutlu yazıcı teknoloji algısı, öğrencilerin *demografik özelliklerine göre* farklıdır.

H_{2a}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin *demografik özellikleri* açısından farklılık gösterir.

H_{2a1}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin *cinsiyeti* açısından farklılık gösterir.

H_{2a2}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin *yaşları* açısından farklılık gösterir.

H_{2a3}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin *eğitim düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{2a4}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin *sınıf düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{2a5}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin *gelir düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{2b}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin *demografik özellikleri* açısından farklılık gösterir.

H_{2b1}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin *cinsiyeti* açısından farklılık gösterir.

H_{2b2}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin *yaşları* açısından farklılık gösterir.

H_{2b3}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin *eğitim düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{2b4}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin *sınıf düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{2b5}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin *gelir düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{2c}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin *demografik özellikleri* açısından farklılık gösterir.

H_{2c1}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin *cinsiyeti* açısından farklılık gösterir.

H_{2c2}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin *yaşları* açısından farklılık gösterir.

H_{2c3}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin *eğitim düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{2c4}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin *sınıf düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{2c5}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin *gelir düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H₃: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin *demografik özellikleri* açısından farklılık gösterir.

H_{3a}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin *cinsiyeti* açısından farklılık gösterir.

H_{3b}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin *yaşları* açısından farklılık gösterir.

H_{3c}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin *eğitim düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{3d}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin *sınıf düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H_{3e}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin *gelir düzeyi* açısından farklılık gösterir.

H4: Öğrencilerin ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemledikleri, *tutumlarını* etkiler.

H5: Öğrencilerin eğitime geldiği gün a) *niyetini* b) *tutumunu* c) üç boyutlu yazıcı teknolojisi *eğitim öncesi algısını* d) üç boyutlu yazıcı teknolojisi *eğitim süreci sonrası algısını* e) üç boyutlu yazıcı teknolojisi *uygulama sonrası algısını* etkiler.

H6: Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığı a) *niyetini* b) *tutumunu* c) üç boyutlu yazıcı teknolojisi *eğitim öncesi algısını* d) üç boyutlu yazıcı teknolojisi *eğitim süreci sonrası algısını* e) üç boyutlu yazıcı teknolojisi *uygulama sonrası algısını* etkiler.

H7: Öğrencilerin ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemledikleri, üç boyutlu yazıcıya ilişkin *niyetini* etkiler.

H8: Öğrencilerin uygulama sonrası üç boyutlu yazıcı teknoloji algısı, üç boyutlu yazıcıya ilişkin *niyetini* etkiler.

3.3. Veri Toplama Aracının Geliştirilmesi

Araştırmada veri toplama aracı olarak anket kullanılmıştır. Geleneksel anket tekniği ile veriler toplanmıştır. İlgili yazın araştırması sonrasında anket oluşturulmuştur. Anket beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm, demografik sorulardan oluşmaktadır. İkinci bölümde, üç boyutlu yazıcı teknolojisi deneyimini ortaya çıkarmak üzere oluşturulan sorular yer almaktadır. Üçüncü bölümde, üç boyutlu yazıcı teknoloji algısı ölçülürken, dördüncü bölümde, ürün tasarımı ve baskısı sırasında öğrencilerin gözlemleri ölçülmüştür. Son bölümde ise, üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutumu ölçen sorular vardır. Üçüncü ve dördüncü bölümdeki sorular, (Schnedeker, 2015)'ten alınmıştır. Son bölümdeki sorular ise, (Barmby, Jones, & Per, 2007) tarafından geliştirilen ölçeği temel alarak çalışmalarında kullandığı ölçek temelinde üç boyutlu yazıcı teknoloji tutum ölçeği hazırlanmıştır. Üçüncü ve beşinci bölümde yer alan anket soruları için 5'li Likert ölçeği kullanılmıştır (EK-1).

3.5. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırmanın evreni; üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitimini alan ortaokul ve lise öğrencileridir. Araştırma süresince evrene ulaşmak mümkün olmadığı için örnekleme yapılmış ve kolay örnekleme yöntemine göre araştırmanın örneklemi; İzmit Belediyesi 3D Tasarım Merkezi'nde üç boyutlu yazıcıyı ilk kez kullanacak olan ortaokul ve lise öğrencileri olarak belirlenmiştir.

3.6. Veri Toplama Süreci

Veri toplama süreci 2018 yılı Ocak– Haziran tarihleri arasında, İzmit Belediyesi 3D Tasarım Merkezi'ne üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitimini almaya gelen, ortaokul ve lise öğrencilerine geleneksel anket yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir (EK-1). Veri toplama süreci üç aşamalı olarak yapılmıştır. *İlk aşamada*; tasarım merkezine gelen öğrencilere, öncelikle uzman eğitimciler tarafından 15 dakikalık bir bilgilendirme yapılmıştır. Bu bilgilendirme kapsamında öğrencilere; 3B yazıcı teknolojisinin ne olduğunun, nerelerde kullanıldığının, bu teknoloji kullanılarak neler yapılabildiğinin, kullanılan hammaddelerin neler olduğunun, hangi 3B tasarım programlarının bulunduğu, hangi baskı teknolojilerinin kullanıldığının (EK-3) yanı sıra 3B yazıcı ile yapılmış örnek uygulamalar gösterilmiştir. Bu bilgilendirme sonrasında öğrencilerden, anketin birinci bölümündeki demografik özelliklere ilişkin soruları, ikinci bölümdeki üç boyutlu yazıcı teknolojisi deneyimi bölümündeki soruların ilk dört sorusu ve anketin üçüncü bölümündeki üç boyutlu yazıcı teknolojisi algısının eğitim öncesi soruları yanıtlandırması istenmiştir. *İkinci aşamada*; öğretmenler, tasarım merkezine gelen öğrencilere bir anahtarlık prototipinin üç boyutlu baskıya hazırlanması için gerekli olan 3B tasarım programının kullanımına ilişkin 25 dakikalık bir eğitim vermiştir. Bu eğitim kapsamında; katı cisim seçilmesi, içe doğru kabartma, kenarlıkların ovalleştirilmesi, delik açılması, metin değerlerinin 3B olarak düzenlenmesi, dışarıdan model ekleme, iki 3B tasarımı birleştirme ve. STL formatında kaydetme aşamaları anlatılmıştır. Eğitim sonrası öğrencilere, 30 dakikalık tasarım programını daha yakından gözlemleyebilmeleri için serbest zaman verilmiştir. Öğrencilerin 30 dakikalık serbest zaman deneyimi sonrası, anketin üçüncü bölümünün üç boyutlu yazıcı eğitim süreci sonundaki algısını ölçmeye yönelik oluşturulan soruların cevaplanması gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise, uzman öğretmenler öğrencilerle eş zamanlı olarak üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle 1 adet anahtarlık tasarımı ve baskısı yapmıştır. Anahtarlık tasarımı, 25 dakikada yapılmıştır. Anahtarlık tasarımının tamamlanması sonrasında uzman öğretmenler, 3B yazıcı teknolojisine tasarım için hazırlanan anahtarların, baskısının nasıl yapılacağı; hangi dosya biçiminin kullanıldığı, 3B yazıcı arayüzünün nasıl kullanılacağı, hangi eklemeli üretim teknolojisi ve hammaddenin kullanılacağı ve ne kadar süre alacağına ilişkin bilgilendirme sonrası anahtarlığın baskısına başlamıştır. Anahtarlık prototipinin baskısı, 25 dakikalık bir zamanda gerçekleşmiştir (EK-4). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi tasarım programının ve tasarımı tamamlanmış anahtarlık prototip baskısının nasıl yapılması gerektiğine dair süreçlerin tamamlanmasından sonra, anketin üçüncü bölümünün son

kısımındaki uygulama sonrası soruların, öğrencilerin tasarım ve baskı sırasında gözlemlediklerine ilişkin soruların, üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutumları ölçen soruların ve ikinci bölümde yer alan soruların (5-8) öğrenciler tarafından yanıtlandırılması sağlanmıştır. Ankete toplam 300 lise ve 300 ortaokul öğrencisi katılmıştır. Fakat anketler incelendiğinde, geliş güzel ve özensiz cevaplanmış olan 125 anket olduğu belirlenmiştir. Bu anketler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Tüm değerlendirmeler, 475 anket üzerinden gerçekleştirilmiştir.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ANALİZ, BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde anket uygulaması sonucunda elde edilen veriler, analiz edilmiş ve bulgular değerlendirilmiştir. Veriler, SPSS 22 programı kullanılarak analiz edilmiştir.

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Tanımlayıcı istatistikler; katılımcının demografik özellikleri, üç boyutlu yazıcı teknoloji deneyimi, üç boyutlu yazıcı teknoloji algısı, ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlenenler, üç boyutlu yazıcı eğitimine ilişkin öğrencilerin tutumlarına ilişkin değerlendirmelerden oluşmaktadır.

4.1.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin bilgiler Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, katılımcıların yaklaşık olarak %53’ünü kadınların oluşturduğu %42’sinin ise 13-15 yaş aralığında olduğu görülmektedir. Katılımcıların yaklaşık %57’sini, ortaokul öğrencileri oluşturmaktadır. Ayrıca büyük çoğunluğunun (%97.9) devlet okulunda okuduğu ve yaklaşık %39’unun ise 7. Sınıf öğrencileri oluşturduğu görülmektedir. Katılımcıların yaklaşık %40’ı, 2500 ve altı gelire sahip kişilerden oluşmaktadır. Katılımcıların ebeveynlerinin eğitim düzeyleri açısından bakıldığında ise, annelerin eğitim düzeyinin yaklaşık %37’si ilkokulken, babaların eğitim düzeyinin yaklaşık %35’i lise olduğu görülmektedir. Ayrıca katılımcıların annesinin büyük çoğunluğu (%77.9) ev hanımıyken, babasının çoğunluğunun (%31.4) işçi olarak çalıştığı söylenebilir.

Tablo 2. Katılımcıların Demografik Özellikleri

<i>Katılımcıların Özellikleri</i>	<i>Frekans</i>	<i>Oran(%)</i>	<i>Katılımcıların Özellikleri</i>	<i>Frekans</i>	<i>Oran (%)</i>
Cinsiyet			Anne Eğitim Düzeyi		
Kadın	250	52.6	İlkokul	177	37.3
Erkek	225	47.4	Ortaokul	154	32.4
Toplam	475	100	Lise	144	30.3
Yaş			Toplam	475	100
10-12	121	25.4	Baba Eğitim Düzeyi		
13-15	200	42.1	İlkokul	86	18.1
16 ve üstü	154	32.5	Ortaokul	124	26.2
Toplam	475	100	Lise	166	34.9
Eğitim Düzeyi			Üniversite	99	20.8
Ortaokul	270	56.8	Toplam	475	100
Lise	205	43.2	Anne Meslek		
Toplam	475	100	İşçi	35	7.4
Sınıf Düzeyi			Ev Hanımı	370	77.9
5. Sınıf	36	7.6	Diğer	70	14.7
6. Sınıf	49	10.3	Toplam	475	100
7. Sınıf	182	38.3	Baba Meslek		
8. Sınıf	4	0.9	Memur	24	5.1
9. Sınıf	25	5.3	Emekli	26	5.5
10. Sınıf	59	12.4	Serbest Meslek	38	8.0
11. Sınıf	78	16.4	Esnaf	42	8.8
12. Sınıf	42	8.8	İşçi	149	31.4
Toplam	475	100	Diğer	196	41.2
Gelir Düzeyiniz			Toplam	475	100
2500 ve altı	188	39.6	Okul Türü		
2501-3500	142	29.9	Özel Okul	10	2.1
3501 ve üstü	145	30.5	Devlet Okulu	465	97.9
Toplam	475	100	Toplam	475	100

4.1.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Deneyimi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisi deneyimine ilişkin bilgiler Tablo 3'te gösterilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde, katılımcıların %87.2'sinin daha önce üç boyutlu yazıcı teknolojisini deneyimlemediği ve %73.3'ünün de daha önce hiç bilgisayar destekli

tasarım programı kullanmadığı görülmektedir. Katılımcılar, daha çok salı günü (%32) ve çoğunlukla 10:00-12:00 saat aralığında (%66) üç boyutlu yazıcı eğitimi almıştır. Gerçekleştirilen eğitim sonrasında katılımcıların, %79.4'ünün verilen eğitimden memnun oldukları, gerçekleştirilen eğitimi arkadaşlarına ya da çevrelerindeki kişilere büyük çoğunlukla bahsedeceği ve bu eğitimi tavsiye edeceği görülmektedir. Gelecekte böyle bir eğitimi yeniden alıp almama konusundaki yanıtı incelendiğinde, benzer şekilde büyük çoğunluğu bu tür bir eğitimi yeniden almak istediğini belirtmiştir.

Tablo 3. Katılımcıların Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Deneyimi

<i>Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Deneyimi</i>	<i>Frekans</i>	<i>Oran(%)</i>	<i>Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Deneyimi</i>	<i>Frekans</i>	<i>Oran(%)</i>
Daha önce hiç üç boyutlu yazıcı teknolojisini deneyimlediniz mi?			Arkadaşlarınıza ya da çevrenizdekilere üç boyutlu yazıcı eğitiminden bahsedecek misiniz?		
Evet	61	12.8	Kesinlikle bahsetmem	6	1.3
Hayır	414	87.2	Muhtemelen bahsetmem	18	3.8
Bilgisayar destekli tasarım programı daha önce kullandınız mı?			Emin değilim	41	8.6
Evet	127	26.7	Muhtemelen bahsederim	151	31.8
Hayır	348	73.3	Kesinlikle bahsederim	259	54.5
Eğitime geldiğiniz gün?			Bu kurumun verdiği eğitimi çevrenizdeki kişilere tavsiye edecek misiniz?		
Pazartesi	52	10.9	Kesinlikle tavsiye etmem	5	1.1
Salı	152	32.0	Muhtemelen tavsiye etmem	9	1.9
Çarşamba	91	19.2	Emin değilim	44	9.2
Perşembe	132	27.8	Muhtemelen tavsiye ederim	152	32.0
Cuma	48	10.1	Kesinlikle tavsiye ederim	265	55.8
Bu programa katıldığınız saat aralığı?			Gelecekte böyle bir eğitimi yeniden almak ister misiniz?		
10:00-12:00	312	65.7	Kesinlikle istemem	7	1.5
13:30-15:30	163	34.3	Muhtemelen istemem	9	1.9
Bu eğitimden memnun kaldınız mı?			Emin değilim	54	11.4
Hiç memnun değilim	3	0.6	Muhtemelen isterim	89	18.7
Kısmen memnun değilim	3	0.6	Kesinlikle isterim	316	66.5
Ne memnunum ne değilim	17	3.6			
Kısmen memnunum	75	15.8			
Tamamen memnunum	377	79.4			

4.1.3. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Algısı

Bu bölümde, üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitiminin ilk aşamasından son aşamasına kadar olan süreçte katılımcıların bu teknolojiye karşı algılarının ölçümü gerçekleştirilmiştir. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi algısı; üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi, eğitim sonrası ve uygulama sonundaki algısı olmak üzere üç ayrı bölümden oluşmaktadır.

4.1.3.1. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Öncesi Algısı

Bu aşama, katılımcılara üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile ilgili herhangi bir bilgi aktarımı yapılmadan önce bu teknolojiye karşı algılarının ölçülmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların algılarına ilişkin ifadeler katılımların düzeyleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde, katılımcıların çoğunluğunun eğitim öncesi üç boyutlu yazıcı teknoloji algısına ilişkin ifadeler katılmadıkları görülmüştür. Bu beklenen bir bulgudur. Çünkü katılımcıların büyük çoğunluğu eğitim öncesinde üç boyutlu yazıcı teknolojisi ve bilgisayar destekli tasarım programı deneyimine sahip değildir.

Tablo 4. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Öncesi Algısı Verileri

Aşağıdaki ifadeler ne derece katılıyorsunuz?	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne Katılmıyorum Ne Katılıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum	Ortalama	Standart Sapma
Üç boyutlu bir model tasarlayabilirim.	61.5	6.9	8.4	11.6	11.6	2.04	1.48
Üç boyutlu bir modelin baskısını yapabilirim.	60.8	12.2	9.5	10.5	6.9	1.90	1.32
Üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını başka birisine açıklayabilirim.	58.7	14.7	7.2	10.7	8.6	1.95	1.36
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.	62.1	13.7	7.6	11.4	5.3	1.84	1.26
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.	62.1	13.7	7.6	11.4	5.3	1.84	1.26
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin baskısının nasıl yapılacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.	62.7	14.7	7.6	8.8	6.1	1.25	0.4

4.1.3.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Süreci Sonrası Algısı

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim sonrası algısına ilişkin ifadelerle katılım düzeyleri Tablo 5’te gösterilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde, eğitim sonrası katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin ifadelerle katılım düzeylerinin göreceli olarak yükseldiği ve üç boyutlu yazıcıda bir modelin, baskı ve açıklama yapabilmeye yönelik oluşturulan ifadelerle daha çok kısmen katıldığı görülmektedir.

Tablo 5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Süreci Sonrası Algısı Verileri

Aşağıdaki ifadelerle ne derece katılıyorsunuz?	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne Katılmıyorum Ne Katılmıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum	Ortalama	Standart Sapma
Üç boyutlu bir model tasarlayabilirim.	7.4	17.9	12.0	39.5	23.2	3.53	1.23
Üç boyutlu bir modelin baskısını yapabilirim.	14.7	18.1	16.8	35.2	15.2	3.17	1.30
Üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını başka birisine açıklayabilirim.	10.1	16.2	20.6	30.1	22.9	3.39	1.27
Üç boyutlu bir modelin baskısının nasıl yapılacağını başka birisine açıklayabilirim.	14.1	17.3	20	29.9	18.7	3.21	1.31
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.	12.2	17.1	22.3	30.3	18.1	3.25	1.27
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin baskısının nasıl yapılacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.	16.8	17.9	20	30.1	15.2	3.08	1.32

4.1.3.3. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulama Sonrası Algısı

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisi deneyimi sonrası algılarını ölçmeye yönelik oluşturulan ifadelerle katılım düzeyleri Tablo 6’da gösterilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde, katılımcıların üç boyutlu model tasarlama, baskısını yapma ve başka birisine açıklayabilmeye yönelik oluşturulan ifadelerle daha yüksek oranda tamamen katıldıkları görülmektedir. Bu bulgular, eğitimde yapılan uygulamaların, öğrencilerin öğrenme düzeylerini olumlu etkilediğini destekler niteliktedir.

Tablo 6. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Uygulama Sonrası Algısı

Aşağıdaki ifadelere ne derece katılıyorsunuz?	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne Katılmıyorum Ne Katılmıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum	Ortalama	Standart Sapma
Üç boyutlu bir model tasarlayabilirim.	3.4	5.5	5.3	29.7	56.2	4.29	1.02
Üç boyutlu bir modelin baskısını yapabilirim.	7.2	6.7	10.5	31.4	44.2	3.98	1.20
Üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını başka birisine açıklayabilirim.	3.6	6.3	10.9	31.8	47.4	4.13	1.06
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.	5.3	7.4	13.3	33.3	40.8	3.97	1.14
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.	4.6	8.4	14.1	30.7	42.1	3.97	1.14
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin baskısının nasıl yapılacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.	7.6	8.6	12.8	32.4	38.5	3.85	1.23

4.1.4. Ürün Tasarımı ve Baskı Sırasında Gözlenenler

Katılımcıların üç boyutlu yazıcıdan çıktısını alacakları ürünün tasarımı, baskıya hazırlamaları ve baskıdan sonra yaptıkları işlemler üzerindeki gözlemleri Tablo 7’de gösterilmiştir. Tablo 7 incelendiğinde, katılımcılar, tasarım aşamasında objeyi sağ, sol, üst ve alt kısımdan gözlemlediği için katılımcıların bakış açısında %99,2’lik bir değişim olmuştur. Boşluk oluşturulması, nesne çıkarılması açısından ise katılımcıların yaklaşık %90’ı üç boyutlu tasarım programının bir fonksiyonunu kullanarak tasarımı üzerinde çalıştıkları herhangi bir objede boşluk oluşturabilmiş ve yapıştırdıkları ya da ekledikleri herhangi bir nesneyi çıkarabilmiştir. Üç boyutlu yazıcıya dışarıdan model ekleme kısmı, katılımcıların kendi isteklerine bırakıldığı için katılımcıların yaklaşık %60.4’ü bu işlemi gerçekleştirmiştir. Ayrıca ürün tasarımı ve baskı sırasında katılımcıların çoğunluğunun belirtilen işlevleri yaptığı görülmektedir.

Tablo 7. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitimi Ürün Tasarımı ve Baskı Sırasında Gözlenenler

<i>İfadeler</i>	<i>EVET</i>		<i>HAYIR</i>	
	<i>Frekans</i>	<i>Oran(%)</i>	<i>Frekans</i>	<i>Oran(%)</i>
Değişen bakış açısı	471	99.2	4	0.8
Yakınlaştırma/Uzaklaştırma	470	98.9	5	1.1
Nesnenin yeniden boyutlandırılması	455	95.8	20	4.2
Nesnenin hareket ettirilmesi	455	95.8	20	4.2
Nesnenin döndürülmesi	463	97.5	12	2.5
Nesnenin ölçülmesi	434	91.4	41	8.6
Kopyalanmış ve yapıştırılmış nesneler	379	79.8	96	20.2
Boşluk oluşturulması/Nesne çıkarılması	427	89.9	48	10.1
Nesnelerin birleştirilmesi	431	90.7	44	9.3
Nesnelerin bölünmesi	376	79.2	99	20.8
Bir kerede seçilmiş çoklu nesneler	347	73.1	128	26.9
Üç boyutlu yazıcıya dışarıdan model ekleme	287	60.4	188	39.6
Üç boyutlu baskı modeline başlama	355	74.7	120	25.3
Nesnenin baskısını yapma	354	74.5	121	25.5

4.1.5. Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Tutumu

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutumu Tablo 8’de gösterilmiştir. Tablo 8 incelendiğinde, katılımcıların yaklaşık %70’inin bu eğitimin ilginç olduğunu, okulda da bu eğitimi almak istediğini ve hiç sıkıcı bulmadığını ifade etmiştir. Üç boyutlu yazıcı eğitimine ilişkin katılımcıların çoğunun, bu eğitime ilişkin olumlu bir tutuma sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 8. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisine İlişkin Tutum

Aşağıdaki ifadelerle katılım düzeyinizi belirtiniz.	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum	Ortalama	Standart Sapma
Üç boyutlu yazıcı eğitiminin ilginç olduğunu düşünüyorum.	2.5	4	3.8	19.8	69.9	4.5	0.9
Bu konuya ilişkin yeni bir eğitimi dört gözle bekliyorum.	2.7	6.5	9.3	17.5	64	4.3	1
Bu eğitim heyecan vericiydi.	2.3	4	7.6	18.5	67.6	4.4	1
Okulda da üç boyutlu yazıcı eğitimi almak isterim.	4.2	4.8	6.3	14.9	69.7	4.4	1.8
Üç boyutlu yazıcı teknolojisini diğer aldığım eğitimlerden daha çok sevdim.	4.4	5.1	11.2	30.3	49.1	4.1	1.1
Bu eğitim hiç sıkıcı değildi.	1.7	3.6	7.2	17.9	69.7	4.5	0.9
Bu eğitimin zor olmadığını düşünüyorum.	3.6	6.7	11.2	27.4	51.2	4.1	1.1
Bu eğitimde kendimi başarılı olarak görüyorum.	5.7	6.5	16.2	29.7	41.9	4	1.2
Bu eğitim, yeteneğimi keşfetmemi sağladı.	8.2	10.3	20.6	22.1	38.7	3.7	1.3
Bu eğitimde anlatılanları kolayca öğrendim	1.9	6.9	12.8	24	54.3	4.2	1
Bu eğitimde kendimi en başarılı olarak görüyorum	12.2	12	20.8	23.6	31.4	3.5	1.4
Eğitim sırasında yaratıcı olabileceğimi hissettim	5.3	7.8	12.4	23.2	51.4	4	1.2
Bu eğitim sırasında anlatılan her şeyi anladım	1.7	5.7	10.7	22.7	59.2	4.3	1

4.2. Güvenirlik ve Geçerlilik Analizleri

Güvenirlik ve geçerlilik her ölçme aracıda yer alması gereken iki önemli faktördür. Güvenirlik, bir ölçme aracının ölçtüğü özelliğin tutarlı şekilde ölçmesi olarak nitelendirilirken, geçerlilik testin kullanım amacına uygunluk derecesidir (Ergin, 1995). Geçerlilik, ölçüm aracının ölçmeyi amaçladığı özelliğe uygunluk derecesi olmakla beraber, aynı zamanda verilerin de ölçülen özelliği tam olarak yansıtmaması ve amaca uygun olmasıdır (Hüner, 2005). Çalışmada yer alan ölçeklerin güvenilirliğinin ölçülmesi için Cronbach Alpha katsayısı kullanılmıştır. 1951 yılında Cronbach tarafından geliştirilmiş olan Cronbach Alpha

katsayısı, ölçekte yer alan k maddesinin varyanslarının toplamının genel varyansa oranlanması ile bulunan ağırlıklı standart değişim ortalamasıdır (Kan & Ercan, 2004).

Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi niyet ölçeğinin güvenilirliği, Cronbach Alpha analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan güvenilirlik analizi sonuçları, Tablo 9’da gösterilmektedir. Tablo 9 incelendiğinde, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet ölçeğinin Cronbach Alpha katsayısının, 0.60’tan büyük olması ölçeğin güvenilir olarak kabul edilmesi için yeterlidir (Sekaran & Bougie, 2016). Ayrıca, katsayının içsel tutarlılığının olduğunu ve güvenilirlik koşulunu yerine getirdiği söylenebilir.

Tablo 9. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Niyet Ölçeğine İlişkin Güvenirlik Analizi Sonuçları

<i>Niyet</i>	<i>Cronbach Alpha Değeri</i>
Bu eğitimden memnun kaldınız mı?	0.77
Arkadaşlarınıza ya da çevrenizdeki kişilere üç boyutlu yazıcı eğitiminden bahsedecek misiniz?	
Bu kurumun verdiği eğitimi, çevrenizdeki kişilere tavsiye edecek misiniz?	
Gelecekte böyle bir eğitimi yeniden almak ister misiniz?	

Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknoloji eğitim öncesi, eğitim süreci sonrası, uygulama sonu algısı ölçeği güvenilirliği, Cronbach Alpha analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan güvenilirlik analizi sonuçları Tablo 10’da gösterilmektedir. Tablo 10 incelendiğinde, üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi, eğitim süreci sonrası ve uygulama sonu algılarının ölçeğinin Cronbach Alpha değerlerinin $0.80 < \alpha < 1.00$ arasında olması ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir (Cronbach, 1951; Nunnally, 1975). Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknoloji eğitim öncesi, eğitim süreci sonrası, uygulama sonu algısının güvenilirliğinin yüksek düzeyde olması yapı geçerliliği olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 10. Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Algısı Ölçeği Güvenirlik Analizi Sonuçları

<i>Üç Boyutlu Yazıcı Teknoloji Algısı</i>	<i>Eğitim Öncesi Algısı</i>	<i>Eğitim Süreci Sonrası</i>	<i>Uygulama Sonu</i>
	<i>Cronbach Alpha Değeri</i>	<i>Cronbach Alpha Değeri</i>	<i>Cronbach Alpha Değeri</i>
Üç boyutlu bir model tasarlayabilirim.	0.93	0.92	0.93
Üç boyutlu bir modelin baskısını yapabilirim.			
Üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını başka birisine açıklayabilirim.			
Üç boyutlu bir modelin baskısının nasıl yapılacağını başka birisine açıklayabilirim.			
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.			
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin baskısının nasıl yapılacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.			

Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutum ölçeğinin güvenirliği, Cronbach Alpha analizi ile değerlendirilmiştir. Yapılan güvenirlik analizi sonuçları Tablo 11’de gösterilmektedir. Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutum ölçeğinin Cronbach Alpha değerlerinin $0.80 < \alpha < 1.00$ arasında olması ölçeğin oldukça yüksek düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir. Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutum ölçeğinin yüksek düzeyde olması yapı geçerliliği olduğuna da işaret etmektedir.

Tablo 11. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Tutum Ölçeği Güvenirlik Analiz Sonuçları

<i>Tutum</i>	<i>Cronbach Alpha Değeri</i>
Üç boyutlu yazıcı eğitiminin ilginç olduğunu düşünüyorum..	0.92
Bu konuya ilişkin yeni bir eğitimi dört gözle bekliyorum.	
Bu eğitim heyecan vericiydi.	
Okulda da üç boyutlu yazıcı eğitimi almak isterim.	
Üç boyutlu yazıcı teknolojisini diğer aldığım eğitimlerden daha çok sevdim.	

Tablo 11. (Devamı)

<i>Tutum</i>	<i>Cronbach Alpha Değeri</i>
Bu eğitim hiç sıkıcı değildi.	0.92
Bu eğitimin zor olmadığını düşünüyorum	
Bu eğitimde kendimi başarılı olarak görüyorum.	
Bu eğitim yeteneğimi keşfetmemi sağladı.	
Bu eğitimde anlatılanları kolayca öğrendim	
Bu eğitimde kendimi en başarılı olarak görüyorum.	
Eğitim sırasında yaratıcı olabileceğimi hissettim.	
Bu eğitim sırasında anlatılan her şeyi anladım.	

Yapı geçerliliğin analiz edilmesinde kullanılan yöntemlerden biri de nomolojik geçerliliklerdir. Nomolojik geçerlilik, ölçek boyutlarının birbiriyle anlamlı ilişkiler sergilediğini ve ortak bir anlam göstermelerini ifade eder. Araştırmada kullanılan ölçeklerin nomolojik geçerliliği kolerasyon matrisi ile değerlendirilmiştir. Tablo 12’de kolerasyon analizinin sonuçları gösterilmektedir. Tablo 12 incelendiğinde, araştırmada kullanılan ölçekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ölçekler arasındaki katsayıların anlamlı olması nomolojik geçerliliğin bir göstergesidir (Torlak, Doğan, & Özkara, 2014). Çoklu doğrusal bağlantı probleminin olmaması için kolerasyon değerleri 0.80’den düşük olmalıdır. Bu durum ayrışma geçerliliğinin bir göstergesini oluşturmaktadır (Byrne, 1984). Tablo 12 incelendiğinde üç boyutlu yazıcı teknolojisi niyeti, eğitim öncesi algısı, eğitim süreci sonrası algısı, uygulama sonu algısı ve tutum değişkenleri arasındaki kolerasyon katsayısının 0,80’den düşük olması ölçeklerin ayrışma geçerliliğinin bir göstergesidir.

Tablo 12. Araştırmada Kullanılan Ölçeklerin Nomolojik Geçerlilik Sonuçları

	1.	2.	3.	4.	5.
1.Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisine İlişkin Niyet	1				
2.Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Öncesi Algısı	-.008	1			
3.Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi Eğitim Süreci Sonrası Algısı	-.129**	.274**	1		
Nomolojik Geçerlilik Tablo Devamı					
4.Uygulama Sonu Algısı	-.053	.130**	.214**	1	
5.Tutum	-.028	.012	.049	.093*	1

** . p< 0.01, * .p<0,05

4.3. Katılımcılara İlişkin Yapılan Analizler

Analizlerin uygulanabilmesi için toplanan verilerin belirli özelliklere sahip olması gerekir. Veri en az aralık seviyesindeyse, normal dağılıyorsa, hedef kitlede yer alan bütün gruplar aynı varyans değerine sahipse, hata değerleri tesadüfiyse parametrik analizler uygulanır. Bu şartlar sağlanmıyorsa nonparametrik analizler gerçekleştirilir (Altunışık vd., 2012). Araştırmada parametrik analiz şartları sağlanmışsa, Bağımsız Grup T-Testi, ANOVA ve Regresyon; sağlanmamışsa, Kruskal Wallis H-Testi ve Mann Whitney U testi gibi nonparametrik analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları ayrıntılı olarak alt başlıklarda ele alınmıştır.

4.3.1. Katılımcılara İlişkin T-Testi Analizi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine karşı niyetinin, üç boyutlu yazıcı eğitim öncesi algısının, eğitim süreci sonrası algısının, üç boyutlu yazıcı teknolojisi uygulama sonundaki algılarının cinsiyet ve eğitim düzeyleri açısından farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla t-testi uygulanmıştır.

4.3.1.1. Cinsiyete İlişkin T-Testi Analizi

Cinsiyete ilişkin yapılan T-testi sonuçları Tablo 13’de gösterilmektedir. Tablo 13 incelendiğinde, katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyeti, eğitim öncesi algısı, eğitim süreci sonrası algısı, uygulama sonrası algısı ve tutumunun cinsiyet değişkeni açısından anlamlı bir farklılık göstermediği görülmektedir ($p>0,05$).

Tablo 13. Cinsiyete İlişkin T-Testi Analizi

Değişkenler	n	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisine İlişkin Niyet					
Kadın	250	1.21	0.23	0.87	0.44
Erkek	225	1.20	0.22		
Eğitim Öncesi Algısı					
Kadın	250	1.87	1.18	0.536	0.95
Erkek	225	1.94	1.15		
Eğitim Süreci Sonrası Algısı					
Kadın	250	3.25	1.16	0.34	0.63
Erkek	225	3.30	1.03		

Tablo 13. (Devamı)

	n	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Uygulama Sonrası Algısı					
Kadın	250	4	1	0.79	0.42
Erkek	225	4	0.94		
Tutum					
Kadın	250	4.10	0.82	0.03	0.23
Erkek	225	4.25	0.75		

4.3.1.2. Eğitim Düzeyine İlişkin T-Testi Analizi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyeti ve üç boyutlu yazıcı teknoloji uygulama sonrası algılarının, eğitim düzeyleri açısından farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için yapılan T-testi sonuçları Tablo 14’de gösterilmiştir. Tablo 14 incelendiğinde, katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet ve üç boyutlu yazıcı uygulama sonrası algısının anlamlı bir farklılık oluşturmadığı görülmektedir.

Tablo 14. Eğitim Düzeyine Göre T Testi Analizi

Değişkenler	n	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Üç boyutlu Yazıcı Teknolojisine İlişkin Niyet					
Ortaokul	270	1.19	0.23	0.13	0.51
Lise	205	1.22	0.22		
Uygulama Sonrası Algısı					
Ortaokul	270	4	1	0.44	0.71
Lise	205	4	0.94		

4.3.2. Mann Whitney U Testi Analizi

Bu bölümde, katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısı, üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim süreci sonrası algısının ve üç boyutlu yazıcıya karşı tutumlarının eğitim düzeyi açısından farklılık gösterip göstermediğini test etmek için Mann Whitney U

Testi yapılmıştır. Tablo 15 incelendiğinde, lise öğrencilerinin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim süreci algısına verdikleri puanların sıra ortalaması, ortaokul öğrencilerinden anlamlı düzeyde yüksektir.

Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim süreci algısı, eğitim düzeyleri açısından lise grubunun üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim süreci algısına verdikleri puanların sıra ortalaması ortaokul öğrencilerden anlamlı düzeyde yüksektir ($p=0.02$).

Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutumu, eğitim düzeyleri açısından ortaokul grubunun puanların sıra ortalaması lise öğrencilerinden anlamlı düzeyde yüksektir ($p=0.00$).

Tablo 15. Katılımcıların Eğitim Düzeyine İlişkin Mann Whitney U Testi Analizi

Değişkinler	Ortaokul	Lise	Z	p
	Ort./Sıra Ort	Ort./Sıra Ort.		
Eğitim Öncesi	1.75/214	2.10/268	-4.432	0.00
Eğitim Sürecinde	3.17/225	3.41/254	-2.332	0.02
Tutum	4.3/261	4/206	-4.351	0.00

4.3.3. ANOVA Analizi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyetinin, üç boyutlu yazıcı eğitim öncesi algısının, eğitim süreci sonrası algısının, üç boyutlu yazıcı teknolojisi uygulama sonundaki algılarının demografik özellikler açısından farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Anova analizi yapılmıştır. Anova analizi alt başlıklar altında ele alınmıştır.

4.3.3.1. Yaş Değişkenine İlişkin Anova Analizi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyeti ve üç boyutlu yazıcı teknolojisi uygulama sonundaki algılarının, yaş düzeyi açısından farklılık gösterip göstermediğini test etmek için Anova analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 16'da gösterilmiştir. Tablo 16 incelendiğinde, katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet ve uygulama sonundaki algılarının, yaş düzeyi açısından anlamlı bir farklılık göstermediği görülmektedir ($p>0,05$).

Tablo 16. Yaş Değişkenine İlişkin Anova Analizi

Değişkenler	10-12 Yaş Ort/Stand. Sap	13-15 Yaş Ort/Stand. Sap	16 ve üstü Yaş Ort/Stand. Sap	F	p
Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisine İlişkin Niyet	1.19 (0.24)	1.20 (0.22)	1.21 (0.22)	0.20	0.81
Uygulama Sonunda Algısı	4.08 (0.99)	3.93 (0.95)	4.12 (1.01)	1.879	0.15

4.3.3.2. Sınıf Düzeyine İlişkin Anova Analizi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyeti, üç boyutlu yazıcı teknolojisini eğitim süreci sonrası algısı ve üç boyutlu yazıcı teknolojisini uygulama sonundaki algılarının, sınıf düzeyi açısından farklılık gösterip göstermediğini test etmek için Anova analizi yapılmıştır. Analiz bulguları Tablo 17’de gösterilmiştir. Tablo 17 incelendiğinde, üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyeti ve üç boyutlu yazıcı teknolojisini uygulama sonrası algısının sınıf düzeyleri açısından anlamlı bir farklılık göstermediği söylenebilir ($p>0,05$).

Tablo 17. Sınıf Düzeyine Göre Anova Testi

Değişkenler	5. ve 6. Sınıf Ort/Standart Sap.	7. ve 8. Sınıf Ort/Standart Sap.	9. ve 10. Sınıf Ort/Standart Sap.	11.ve 12. Sınıf Ort/Standart Sap.	F	p
Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisine Karşı Niyet	1.20 (0.24)	1.19 (0.22)	1.22 (0.20)	1.23 (0.24)	0.844	0.47
Eğitim Süreci Sonrası Algısı	3.14 (1.29)	3.18 (1.05)	3.34 (1.04)	3.46 (1.05)	2.125	0.09
Uygulama Sonunda Algısı	4.02 (1.08)	4 (0.94)	3.88 (0.94)	4,2 (1)	1.845	0.13

4.3.3.3. Katılımcıların Gelir Düzeyine İlişkin Anova Analizi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, üç boyutlu yazıcı teknolojisini eğitim öncesi, üç boyutlu yazıcı eğitim süreci sonrası algısı, uygulama sonu algısının ve üç boyutlu yazıcı teknolojisine karşı tutumlarının gelir düzeyine göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Anova analizi yapılmıştır. Analiz bulguları Tablo 18’de

gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, incelenen değişkenler açısından anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmektedir ($p > 0,05$).

Tablo 18. Katılımcıların Gelir Düzeyine İlişkin Anova Analizi

Değişkenler	2500 ve altı Ort/Stand.Sap	2501-3000 Ort/Stand.Sap	3501 ve üstü Ort/Stand.Sap	F	p
Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisine İlişkin Niyet	1.18 (0.19)	1.21 (0.24)	1.22 (0.24)	0.13	0.28
Eğitim Öncesi Algısı	1.83 (0.99)	1.91 (0.95)	1.97 (1.01)	0.50	0.55
Eğitim Süreci Sonrası Algısı	3.21 (1.11)	3.23 (1.05)	3.40 (1.13)	1.29	0.31
Uygulama Sonrası Algısı	3.98 (1.03)	4.05 (0.96)	4.06 (0.95)	0.26	0.78
Tutum	4.05 (0.78)	4.2 (0.83)	4.2 (0.78)	2.34	0.10

4.3.3.4 Katılımcıların Ebeveyn Eğitim Düzeylerine İlişkin Anova Analizi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyetinin, ebeveynlerinin eğitim düzeyine göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek için Anova analizi yapılmıştır. Analiz bulguları, Tablo 19’da gösterilmiştir. Tablo 19 incelendiğinde, katılımcıların annesinin ve babasının eğitim düzeyleri açısından, üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyetinde anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir ($p > 0,05$).

Tablo 19. Katılımcıların Ebeveynlerinin Eğitim Düzeyine İlişkin Anova Analizi

Değişkenler	İlkokul Ort/Stand.Sap	Ortaokul Ort/Stand.Sap	Lise Ort/Stand.Sap	Üniversite Ort/Standart.Sap	F	p
Anne Eğitim Düzeyi						
Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet	1.18 (0.21)	1.22 (0.23)	1.22 (0.23)		2.16	0.16
Baba Eğitim Düzeyi						
Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet	1.21 (0.23)	1.20 (0.21)	1.22 (0.24)	1.19 (0.21)	0.49	0.72

4.3.4. Kruskal Wallis H Testi

Bu bölümde yaş ve sınıf düzeyleri açısından farklılık olup olmadığını belirlemek için Kruskal Wallis- H testi yapılmıştır. Kruskal Wallis- H testi analizi alt başlıklar altında incelenecektir.

4.3.4.1. Yaş Düzeyine İlişkin Kruskal Wallis H Testi

Katılımcıların eğitim öncesi algısının, eğitim süreci sonrası algısının ve tutum ifadelerinin, yaş değişkeni açısından farklılık gösterip göstermediğini analiz etmek için Kruskal Wallis- H testi yapılmıştır. Testin sonuçları Tablo 20’de gösterilmektedir. Tablo 20’ye göre; katılımcıların yaş düzeylerine göre ölçek puanlarının ortalamaları karşılaştırılmış eğitim öncesi algısının sıra ortalamaları açısından anlamlı farklılık elde edilmiştir. Ölçeklerde gruplar arasındaki anlamlı farklılığın hangi grup çiftlerinden kaynaklandığını görmek için gruplar Mann Whitney U testiyle ikili olarak karşılaştırılmış ve farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Buna göre; katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısının 16 yaş ve üstü gruptakilerin, 10-12 yaş ve 13-15 grubuna göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmektedir ($p=0.001$, $p=0.002$). Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine karşı tutumlarının 10-12 yaş ve 13-15 yaş gruplarının, 16 yaş grubuna göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmektedir ($p=0.000$, $p=0.002$).

Tablo 20. Yaş Düzeyine İlişkin Kruskal Wallis-H Testi

Değişkenler	10-12 yaş Ort/Ort. Sıra	13-15 yaş Ort/Ort Sıra	16 ve üstü yaş Ort/Ort Sıra	χ^2	p
Eğitim öncesi algısı	1.77 (214)	1.77 (226)	2.17 (271)	15.223	0.00
Eğitim süreci sonu algısı	3.23 (235)	3.13 (218)	3.49 (265)	10.129	0.00
Tutum	4.26 (266)	4.25 (248)	3.99 (202)	16.543	0.00

4.3.4.2. Sınıf Düzeyine İlişkin Kruskal Wallis H Testi

Katılımcıların üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısının ve üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutum ifadelerinin sınıf düzeyleri açısından farklılık gösterip göstermediğini test etmek için Kruskal Wallis-H Testi yapılmıştır. Sonuçlar, Tablo 21’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; katılımcıların üç boyutlu eğitim öncesi algısının, ölçek puanlarının sıra ortalamasının sınıf düzeyine göre anlamlı düzeyde farklılaştığı görülmektedir ($p<0.05$).

Gruplar arasındaki anlamlı farklılığın hangi grup çiftlerinden kaynaklandığını görmek için gruplar Mann Whitney U testiyle ikili olarak karşılaştırılmış ve farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Sınıf düzeyine göre, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısına verdikleri puanların sıra ortalamasının 11-12 sınıf düzeyinin 5-6 sınıf düzeyine göre anlamlı düzeyde yüksektir ($p=0,008$). Ayrıca öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısına verdikleri puanların sıra ortalamasının, 9-10 sınıf düzeyinin 7-8 sınıf düzeyine göre daha yüksek olduğu görülmektedir ($p=0.003$).

Öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine karşı tutumlarının, sınıf düzeyleri açısından 9-10 ve 11-12 sınıf grubunun, üç boyutlu yazıcı teknolojisine karşı tutumlarına verdikleri puanların sıra ortalaması 5-6 sınıf grubuna göre daha yüksektir. Buna göre; öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine karşı tutumlarının 9-10 ve 11-12 sınıf gruplarının 5-6 sınıf göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmektedir ($p=0.002$, $p=0.005$). Üç boyutlu yazıcı teknolojisine karşı tutumlarının, sınıf düzeyleri açısından 7- 8 sınıf grubunun, üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutumlarına verdikleri puanların sıra ortalaması 9-10 ve 11-12 sınıf grubuna göre daha yüksektir ($p=0.001$, $p=0.005$).

Tablo 21. Sınıf Düzeyine İlişkin Kruskal Wallis-H Testi

Değişkenler	5. ve 6. Sınıf Ort/Stand.Sap	7. ve 8. Sınıf Ort/Stand.Sap	9. ve 10. Sınıf Ort/Stand. Sap	11. ve 12. Sınıf Ort/Stand. Sap	χ^2	p
Eğitim öncesi algısı	1.89 (225)	1.68 (209)	1.98 (256)	2.20 (277)	22.603	0.00
Tutum	4.28 (0.85)	4.28 (0.75)	3.97 (0.82)	4.06 (0.79)	4.188	0.006

4.3.5. Regresyon Analizi

Araştırmada yapılan regresyon analizleri alt başlıklar altında detaylı olarak ele alınmıştır.

4.3.5.1. Ürün Tasarımı ve Baskısına İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin, ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemlediklerinin, üç boyutlu yazıcı tutumu ve niyeti üzerindeki etkisini incelemek için regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

4.3.5.1.1. Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemlenenlerin, tutum üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 22’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemlenenler, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutumu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 22. Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	4.01	.277		14.495	.000
Ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemlenenler	.145	.240	0.28	.603	.547

Bağımlı değişken: Tutum

4.3.5.1.2. Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemlenenlerin, niyet üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 23’te gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemlenenler, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 23. Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	1.247	.079		15.749	.000
Ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemlenenler	-.033	.069	-.022	-.479	.632

Bağımlı Değişken: Niyet

4.3.5.2. Uygulama Sonrası Algının Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin uygulama sonrası üç boyutlu yazıcı teknoloji algısının, üç boyutlu yazıcıya ilişkin niyeti üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 24’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin uygulama sonrası üçboyutlu yazıcı teknoloji algısının, üç boyutlu yazıcıya ilişkin niyeti üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 24. Uygulama Sonrası Algının Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	1.25	.044		28.446	.000
Uygulama Sonrası Algısı	-.012	.011	-.053	-1.149	.251

Bağımlı değişken: Niyet

4.3.5.3. Eğitime Geline Güne İlişkin Regresyon Analizi

Bu analiz katılımcıların niyeti, tutumu ve algısı açısından gerçekleştirilmiştir. Analizler alt başlıklar altında ele alınmıştır.

4.3.5.3.1. Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime geldiği günün, üç boyutlu yazıcı teknolojisi niyeti üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 25’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime geldiği günün, üç boyutlu yazıcı teknolojisi niyeti üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 25. Eğitime Geline Güne Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	1.21	.028		43.659	.000
Eğitime Geline Gün	-.003	.009	-.016	-.354	.723

Bağımlı Değişken: Niyet

4.3.5.3.2. Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime geldiği günün, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutumu üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 26’da gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime geldiği günün üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutumu üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 26. Eğitime Geline Günn Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar		t	p
	B	St.Hata	Beta			
Sabit Terim	4.22	.098			43.287	.000
Eğitime Geline Günn	-.016	.031	-.023		-.508	.612

Bağımlı Değişken: Tutum

4.3.5.3.3. Eğitim Öncesi Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime geldiği günün, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısı üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 27’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime katıldığı günün, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 27. Eğitime Geline Günn Eğitim Öncesi Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar		t	p
	B	St.Hata	Beta			
Sabit Terim	1.87	.143			13.185	.000
Eğitime Geline Günn	.009	.045	.009		.202	.840

Bağımlı Değişken: Eğitim öncesi

4.3.5.3.4. Eğitim Süreci Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime geldiği günün, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim süreci sonrası algısı üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları

Tablo 28’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime katıldığı günün, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim süreci sonundaki algısı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir. Bağımsız değişken, bağımlı değişkendeki değişimin %0,7’sini açıklamaktadır.

Tablo 28. Eğitime Geline Günn Eğitim Süreci Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	3.017	.134		22.531	.000
Eğitime Geline Günn	.089	.042	.096	2.101	.036
F	4.413				
Düzeltilmiş R²	0.007				

Bağımlı Değişken: Eğitim Süreci Sonu Algısı

4.3.5.3.5. Uygulama Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime geldiği günün, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi uygulama sonundaki algısı üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 29’da gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime katıldığı günün, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi uygulama sonundaki algısı üzerinde anlamlı ve pozitif yönde bir etkiye sahip değildir.

Tablo 29. Eğitime Geline Günn Uygulama Sonu Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi:

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	3.942	.120		32.778	.000
Eğitime Geline Günn	.032	.038	.039	.845	.398

Bağımlı Değişken: Uygulama Sonu Algısı

4.3.5.4. Eğitime Katılınan Saat Aralığına İlişkin Regresyon Analizi

Üç boyutlu yazıcı teknoloji eğitimine katılımın gerçekleştiği saat aralığının öğrencilerin niyetini, tutumunu, eğitim öncesi, eğitim süreci sonundaki ve uygulama sonrası algısını ölçmek için regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları alt başlıklar altında incelenmiştir.

4.3.5.4.1. Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi niyeti üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 30’da gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi niyeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir. Bağımsız değişken, bağımlı değişkendeki değişimin %2,3’ünü açıklamaktadır.

Tablo 30. Eğitime Katılan Saat Aralığının Niyet Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar		t	p
	B	St.Hata	Beta			
Sabit Terim	1.108	.031			35.478	.000
Eğitime Katılan Saat	.076	.022	.157		3.460	.001
F	11.975					
Düzeltilmiş R²	.023					

Bağımlı Değişken: Niyet

4.3.5.4.2. Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutumu üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 31’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi tutumu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir etkiye sahiptir. Bağımsız değişken, bağımlı değişkendeki değişimin -%1’ini açıklamaktadır.

Tablo 31. Eğitime Katılan Saat Aralığının Tutum Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar		t	p
	B	St.Hata	Beta			
Sabit Terim	4.442	.110			40.477	.000
Eğitime Katılan Saat	-.197	.077	-.117		-2.562	.011
F	6.566					
Düzeltilmiş R²	.012					

Bağımlı Değişken: Tutum

4.3.5.4.3. Eğitim Öncesi Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısı üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 32’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim öncesi algısı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 32. Eğitime Katılan Saat Aralığının Eğitim Öncesi Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	1.662	.161		10.329	.000
Eğitime Katılan Saat	.181	.113	0.73	1.603	.110

Bağımlı Değişken: Eğitim Öncesi Algısı

4.3.5.4.4. Eğitim Süreci Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim süreci sonundaki algısı üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 33’de gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim süreci algısı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 33. Eğitime Katılan Saat Aralığının Eğitim Süreci Sonu Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analiz

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	1.662	.161		10.329	.000
Eğitime Katılan Saat	.181	.113	0.73	1.603	.110

Bağımlı Değişken: Eğitim Süreci Sonu Algısı

4.3.5.4.5. Uygulama Sonundaki Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi uygulama sonu algısı üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan regresyon analizinin sonuçları Tablo 34'te gösterilmektedir. Analiz bulgularına göre; öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığının, öğrencilerin üç boyutlu yazıcı teknolojisi eğitim sonu algısı üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip değildir.

Tablo 34. Eğitime Katılan Saat Aralığının Uygulama Sonu Algısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Regresyon Analizi

	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standartize Edilmiş Katsayılar	t	p
	B	St.Hata	Beta		
Sabit Terim	4.252	.136		31.293	.000
Eğitime Katılan Saat	-.161	.095	-.077	-1.687	.092

Bağımlı Değişken: Uygulama Sonu Algısı

4.4. Hipotez Sonuçları

Tablo 35. Saha Araştırması Hipotez Sonuçları

Hipotezler	Bulgular
H₁ : Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin demografik özelliklerine göre farklıdır.	
H_{1a} : Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin cinsiyeti açısından farklılık gösterir.	Red
H_{1b} : Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin yaşları açısından farklılık gösterir.	Red
H_{1c} : Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin eğitim düzeyleri açısından farklılık gösterir.	Red
H_{1d} : Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin sınıf düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H_{1e} : Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin gelir düzeyleri açısından farklılık gösterir.	Red
H_{1f} : Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin annesinin eğitim düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H_{1g} : Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin niyet, öğrencilerin babasının eğitim düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red

H_{2a}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin demografik özellikleri açısından farklılık gösterir.	
H_{2a1}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin cinsiyeti açısından farklılık gösterir	Red
H_{2a2}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin yaşları açısından farklılık gösterir.	Kabul
H_{2a3}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin eğitim düzeyi açısından farklılık gösterir.	Kabul
H_{2a4}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin sınıf düzeyi açısından farklılık gösterir.	Kabul
H_{2a5}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim öncesi algısı, öğrencilerin gelir düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H_{2b}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci algısı, öğrencilerin demografik özellikleri açısından farklılık gösterir.	
H_{2b1}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin cinsiyeti açısından farklılık gösterir.	Red
H_{2b2}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin yaşları açısından farklılık gösterir.	Kabul
H_{2b3}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin eğitim düzeyi açısından farklılık gösterir.	Kabul
H_{2b4}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin sınıf düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H_{2b5}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin eğitim süreci sonrası algısı, öğrencilerin gelir düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H_{2c}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin demografik özellikleri açısından farklılık gösterir.	
H_{2c1}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin cinsiyeti açısından farklılık gösterir.	Red
H_{2c2}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin yaşları açısından farklılık gösterir.	Red
H_{2c3}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin eğitim düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H_{2c4}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin sınıf düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H_{2c5}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin uygulama sonrası algısı, öğrencilerin gelir düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H₃: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin demografik özellikleri açısından farklılık gösterir.	

H_{3a}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin cinsiyeti açısından farklılık gösterir.	Red
H_{3b}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin yaşları açısından farklılık gösterir.	Kabul
H_{3c}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin eğitim düzeyi açısından farklılık gösterir.	Kabul
H_{3d}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin sınıf düzeyi açısından farklılık gösterir.	Kabul
H_{3e}: Üç boyutlu yazıcı teknolojisine ilişkin tutum, öğrencilerin gelir düzeyi açısından farklılık gösterir.	Red
H₄: Öğrencilerin ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemledikleri, tutumlarını etkiler	Red
H_{5a}: Öğrencilerin eğitime geldiği gün a) niyetini etkiler.	Red
H_{5b}: Öğrencilerin eğitime geldiği gün b) tutumunu etkiler.	Red
H_{5c}: Öğrencilerin eğitime geldiği gün c) eğitim öncesi algısını	Red
H_{5d}: Öğrencilerin eğitime geldiği gün d) eğitim süreci sonrası algısını etkiler.	Kabul
H_{5e}: Öğrencilerin eğitime geldiği gün e) uygulama sonrası algısını etkiler.	Red
H_{6a}: Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığı a) niyetini etkiler.	Kabul
H_{6b}: Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığı b) tutumunu etkiler.	Kabul
H_{6c}: Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığı c) eğitim öncesi algısını	Red
H_{6d}: Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığı d) eğitim süreci sonrası algısını etkiler.	Red
H_{6e}: Öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığı e) uygulama sonrası algısını etkiler.	Red
H₇: Öğrencilerin ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemledikleri, üç boyutlu yazıcıya ilişkin niyetini etkiler.	Red
H₈: Öğrencilerin uygulama sonrası üç boyutlu yazıcı teknoloji algısı, üç boyutlu yazıcıya ilişkin niyetini etkiler.	Red

SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknolojik alanda yaşanan gelişmeler hem insanların hem de kurumların yaşamını kolaylaştırmakta, zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Kurumlara yönelik tasarrufa sadece üretim sektörü açısından değil, aynı zamanda hizmet sektörü açısından da yaşanmaktadır. Özellikle eğitim sektöründe, öğretmenlerin derslerde ilgili teknolojik araçları kullanması, öğrencilerin; başarı, etkileşim ve motivasyonu üzerinde pozitif bir etki oluşturduğu yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur (Uzel & Hangül , 2010; Domingo & Garganté, 2015)

Günümüzde geleneksel öğretim tekniklerinin giderek değiştiği, eğitim sistemlerinin daha çok “kendin yap” şeklinde bir yaklaşıma doğru evrildiği görülmektedir (Brown& Hurst, 2012). Bu evrilmenin bir sebebi de yaşanan teknolojik gelişmelerdir. Bu gelişmeler, Z kuşağı olarak adlandırılan teknolojinin içinde doğmuş, zihinsel ve psikolojik olarak hızlı gelişen ve teknolojiyi bir ihtiyaç olarak gören yeni bir kuşağın ortaya çıkmasına neden olmuştur (Bakırtaş, Divanoğlu & Akkaş, 2019). 2000 ve sonrası dünyaya gelen bu bireylerin teknolojik araçları yoğun olarak kullanması, öğrenme ortamlarına ilişkin beklentilerinin de değişmesini sağlamıştır.

Eğitim alanında teknolojinin etkisini ortaya çıkarmak üzere; İzmit Belediyesi 3B Yazıcı ve Tasarım Merkezinde 3B yazıcı teknoloji eğitimini almak için gelen ortaokul ve lise öğrencileri üzerinde gerçekleştirilen bu araştırmada, hem eğitim literatürüne hem de eğitim kurumlarına katkıda bulunacağı düşünülen bulgular elde edilmiştir.

Çalışmaya katılanların yaklaşık %2’si özel okulda okumaktadır. Katılımcıların ortaokul düzeyinde daha çok 7. Sınıf öğrencisi olduğu gözlemlenirken lise düzeyinde ise 11. Sınıf öğrencisi oldukları görülmektedir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu daha önce bilgisayar destekli tasarım programını (%73.3) ve üç boyutlu yazıcı teknolojisini (%87.2) deneyimlememiştir. Öğrencilerin tasarım merkezinde aldıkları eğitimden memnun kalma düzeyinin (%79.4) gelecekte böyle bir eğitimi tekrar alma konusundaki istekliliğinin yüksek

olması gibi bulgular üç boyutlu yazıcı teknolojisinin öğrencilerin ilgilerini çektiğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Elde edilen bu bulguların ilgili yazınla paralel olduğu görülmektedir (Baytak, Tarman, & Ayas, 2011). Öğrencilerin 3B yazıcı teknoloji algısı, eğitim öncesi, eğitim sonrası ve uygulama sonrasındaki algısı olarak değerlendirilmiştir. Öğrencilerin eğitim öncesi 3B yazıcı algısını ölçmeye yönelik oluşturulan ifadelerle katılım düzeylerinin düşük olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Elde edilen bu bulgu katılımcıların daha önce bu teknolojiyi deneyimlememesi nedeniyle beklenen bir sonuçtur. Uzman öğretmenlerin 3B yazıcı teknolojisi ve tasarımı hakkında bilgi aktarımı yaptıktan sonra öğrencilerin eğitim süreci sonrası algısına ilişkin ifadelerle katılım düzeylerinin kısmen yükseldiği görülmektedir. Bununla birlikte öğrencilerin kendileri tarafından yapılan uygulama algısını ölçmeye yönelik ifadelerle katılım düzeylerinin giderek arttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulguların, eğitimde yapılan uygulamaların, öğrencilerin öğrenme düzeylerini olumlu etkilediğini destekler nitelikte olduğu söylenebilir. Elde edilen bu bulguların ilgili yazınla paralel olduğu görülmektedir (Kwon, 2017). Öğrencilerin 3B yazıcı teknolojisine ilişkin tutumu incelendiğinde çoğunluğunun 3B teknoloji eğitimine ilişkin olumlu bir tutuma sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, öğrenciler eğitimi ilginç, heyecan verici, sıkıcı olmayan ve kolay olarak nitelendirirken; kendilerini ise başarılı, kolayca öğrenen, yaratıcı olarak nitelendirmiştir. Bu eğitim, diğer eğitim kıyaslandığında, öğrencilerin daha çok bu eğitimi teknikleriyle sevmesine, okulda da bu eğitimi almak istemesine ve bu eğitime yönelik yeni bir eğitimi sabırsızlıkla beklemesine neden olmuştur. Ulaşılan bu bulgular, ilgili literatüre paralellik göstermektedir (Yıldırım, 2018; Stefan& Matt, 2015).

Öğrencilerin cinsiyet ve gelir düzeyi açısından 3B yazıcı teknolojisi niyeti, eğitim öncesi algısı, eğitim süreci sonrası algısı, uygulama sonu algısı ve tutumuna ilişkin anlamlı bir farklılık olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Elde edilen gelir düzeyine ilişkin bulgu, öğrencilerin ailelerinin gelir düzeylerinin görece olarak birbirine yakın olmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca öğrencilerin 3B yazıcı teknoloji niyetinin anne-baba eğitim düzeyi açısından anlamlı bir farklılık göstermediği bulunmuştur. Bu bulgu katılımcıların ebeveynlerinin eğitim düzeylerinin çoğunluğunun lise ve altı eğitim düzeyine sahip olmasına bağlanabilir. Öğrencilerin yaş düzeylerine göre 3B teknoloji eğitim öncesi algısı, eğitim süreci sonrası algısı ve tutumu açısından anlamlı bir farklılık olduğu bulgusuna ulaşılrken, niyeti ve uygulama sonundaki algısına ilişkin anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Elde edilen yaş düzeyine ilişkin bulgu, öğrenci yaş gruplarının sayısının görece olarak birbirine yakın olmasından kaynaklanmış olabilir. Öğrencilerin eğitim düzeyleri açısından 3B yazıcı

teknolojisine ilişkin niyeti ve uygulama sonrası algısı açısından anlamlı bir farklılık olmadığı, eğitim öncesi, eğitim süreci sonrası ve tutum açısından anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Lise öğrencilerinin eğitim öncesi, eğitim süreci sonrası algısının, ortaokul öğrencilerine oranla daha yüksek olduğu fakat ortaokul öğrencilerinin tutumunun lise öğrencilerinden yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Elde edilen eğitim düzeyine ilişkin bu bulgu, öğrenci eğitim düzeyleri arasındaki farklılığın bir nedeni olabilir. İlgili yazındaki araştırma bulguları bu çalışmayı destekler niteliktedir (Kahveci, 2010). Öğrencilerin sınıf düzeyleri açısından 3B teknolojisine ilişkin niyeti, eğitim süreci sonrası algısı, uygulama sonrası algısında farklılık olmadığı 3B teknolojisi eğitim öncesi algısı ve tutumuna ilişkin anlamlı bir farklılık olduğu söylenebilir. Elde edilen sınıf düzeyine ilişkin bulgu, öğrenci sınıf düzeylerinin birbirinden uzak seviyede olması bu durumun anlama ve kavrama yeteneğini etkilemesine bağlanabilir. Ürün tasarımı ve baskı sırasında gözlemledikleri, 3B yazıcı teknolojisine ilişkin tutum ve niyetini etkilemediği bulgusu elde edilmiştir. Öğrencilerin uygulama sonrası algısında, üç boyutlu yazıcı niyetini etkilememektedir. Ayrıca eğitime geline gün yalnızca öğrencilerin 3B yazıcı teknolojisi eğitim süreci sonrası algısını etkilemektedir. Bu durumun öğrencilerin eğitime geldiği günde, öğrencilerin öğrenme psikolojisinden kaynaklandığı söylenebilir. Öğrencilerin programa katıldığı saat aralığı 3B yazıcı niyeti ve tutumu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Bu durumun öğrencilerin eğitime katıldığı saat aralığında, öğrencilerin öğrenme psikolojisinden kaynaklandığı söylenebilir.

Araştırmanın Kısıtları ve Öneriler

Araştırma bazı kısıtlara sahiptir. Bunlardan ilki, araştırmanın yalnızca bir ilde ve bir tasarım merkezinde gerçekleştirilmesidir. Gelecekte yapılacak olan araştırmalar, farklı il, farklı kurumlar ve farklı kültürler açısından gerçekleştirilebilir. İkinci olarak, bu araştırma ortaokul ve lise düzeyindeki öğrencilerle yapılmıştır. Gelecekte yapılacak olan araştırmalar farklı eğitim düzeyine sahip bireyler üzerine gerçekleştirilebilirler. Ayrıca araştırmada, 3B teknoloji türü olan FDM teknolojisi kullanılarak, anahtarlık prototip tasarımı ve baskısı yapılmıştır. Bundan sonra yapılacak olan araştırmalarla, farklı 3B teknoloji türü ve ürün prototip tasarımı ve baskısı araştırılabilir. Bu araştırmada öğrencilerin 3B yazıcı eğitim deneyimi, algısı, niyeti ve tutumu incelenmiştir. Gelecekte yapılacak olan araştırmalar 3B teknolojisini farklı değişkenler temelinde inceleyebilir. Son olarak bu araştırma eğitim

alanında yapılmıştır. Bundan sonra yapılacak araştırmalarda konu üretim sektörü ve tüketici davranışları açısından değerlendirilebilir.

Araştırmanın bulguları ışığında, eğitim kurumlarında önerilerde bulunmak mümkündür. Katılımcıların yaklaşık %70'i 3B yazıcı teknolojisi eğitimini ilginç, heyecanlı, sıkıcı bulmadıklarını, kolayca öğrencilerini ve okullarında da bu eğitimi almak istediklerini belirtmiştir. Eğitim kurumları, bu bulguları dikkate alarak, 3B teknolojisinin ilgili derslerde kullanılmasını sağlayabilir. Bu yolla öğrencilerin derslere olan ilgi ve motivasyonunu arttırabilir. Özellikle STEM konularının uygulanmasında bu tekniğin kullanılmasının yararlı olacağı söylenebilir (Chamberlain & Meyers 2015; Tillman ve diğerleri, 2014; Chong, ve diğerleri, 2018).



KAYNAKÇA

- 3dprintingindustry. (2014). *The Free Beginner's Guide To 3D Printing*. 3dprintingindustry: <http://3dprintingindustry.com/wp-content/uploads/2014/07/3D-Printing-Guide.pdf>
Erişim Tarihi: 05.02.2018
- 3dsystems. (2018). *Our Story*. 3dsystems: <https://www.3dsystems.com/our-story> Erişim Tarihi: 05.02.2018
- Abbott, E. (2017). Reconstructing History:The Ethical and Legal Implications of 3D Technologies for Public History, Heritage Sites, and Museums. *Huron*, 6-9.
- Alec. (2016). *In a world's first, doctors successfully resect 5 vertebrae with a 19cm 3D printed spinal implant*. 3ders: <http://www.3ders.org/articles/20160615-in-a-worlds-first-doctors-successfully-resect-5-vertebrae-with-a-19cm-3d-printed-spinal-implant.html> Erişim Tarihi: 07.02.2018
- Ålgårdh, J., Strondl, A., Karlsson, S., Farre, S., Joshi, S., Andersson, J., . . . Ågren, J. (2017). State-of-the-art for Additive Manufacturing of Metals. *Metallic Materials*
- Altunışık, R., Coşkun Recai, Bayraktaroğlu, S., & Yıldırım, E. (2012). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. Sakarya Kitabevi.
- Antonio, A., Konrad, W., & Manfred, S. (2014). Polymer Powders for Selective Laser Sintering (SLS). *ETHZürich* (s. 2-4). Zürich: ETHZürich.
- Apisacor. (2017). *The first on-site house has been printed in Russia*. Apis-cor: <http://apis-cor.com/en/about/news/first-house> Erişim Tarihi: 13.02.2018
- Army.mil. (2017). *Rambo's Premiere*. Army: https://www.army.mil/article/183465/rambos_premiere Erişim Tarihi:15.02.18
- Association, (2014). *The Social Impact Of 3D Printing*. British Council.
- Aydeniz, M., Çakmakçı , G., Çavaş , B., Çorlu, M., Öner , T., Özdemir, S., & Akgündüz , D. (2015). *STEM Eğitimi Türkiye Raporu "Günün Modası mı Yoksa Gereksinim mi?"*. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi.

- Baker, K. (2016). The Digital Revolution. *Edge Foundation*, 5-8.
- Bakırtaş, H., Divanoğlu, S., & Akkaş, C. (2019). *Y Kuşağı*. Aksaray: Ekin.
- Bakshi, K., & Mulay, A. (2016). A Review on Selective Laser Sintering: A Rapid Prototyping. *IOSR Journal of Mechanical & Civil Engineering (IOSRJMCE)*, 56.
- Barker, P. (2016). *Behold the world's first 3D- Printed Car*. redbull: <https://www.redbull.com/us-en/local-motors-strati-is-the-worlds-first-3d-printed-car> Erişim Tarihi: 16.02.2018
- Barmby, P., Jones, K., & Per, K. (2007). Developing Attitudes towards Science Measures. *International Journal of Science Education* , 871-893 .
- Baytak, A., Tarman , B., & Cemalettin , A. (2011). Experiencing technology integration in education: children's perceptions. *International Electronic Journal of Elementary Education*.
- Bonhoure, L. (2017). Technical keys to understand 3D-printing. *RTE Conference & Exhibition 2017* (s. 6). Prague: Radtech.
- Breuning, H. (2018). Additive Manufacturing (3D- Printing). *TNO* (s. 38). Rotterdam: ARGE. 38. adresinden alındı
- Brock , A., & Ellis, E. (2013). Analysis Of The Potential Impact Of Additive Manufacturing On Army. *Naval Postgraduate School*, 6.
- Brown. E. (2013). *Open Source Pushes 3D Printers to Success*. Linux: <https://www.linux.com/news/open-source-pushes-3d-printers-success> Erişim Tarihi: 20.02.2018
- Brown, C., & Hurst, A. (2012). VizTouch: automatically generated tactile visualizations of coordinate spaces. *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction* (s. 131-138). Kingston, Ontario, Canada: Association for Computing Machinery.
- Brown, M. (2016). *A Brief History of 3D Printing*. Cadcrowd: <https://www.cadcrowd.com/blog/a-brief-history-of-3d-printing/> Erişim Tarihi:20.02.2018

- Bull, G., Chiu, J., Berry, R., & Lip, H. (2014). *Advancing Children's Engineering*. New York: Handbook of Research on Educational Communications and Technology.
- Burada, (2017). *Tip Fakültesi Anatomi Bölümü "3D Printing ile Modelleme"*. Egeburada: <http://egeburada.ege.edu.tr/index.php/tip-fakultesi-anatomi-bolumu-3d-printing-ile-modelleme-yapiyor/> Erişim Tarihi:01.03.2018
- Byrne, B. (1984). The General/Academic Self-Concept Nomological Network: A Review of Construct Validation Research. *Review of Educational Research*, 427-456.
- Campbell, T., Williams, , C., Ivanova, O., & Garrett, B. (2011). Could 3D Printing Change the World? *Atlanticcouncil*, http://www.atlanticcouncil.org/images/files/publication_pdfs/403/101711_ACUS_3DPrinting.PDF.
- Celani, G. (2012). Digital Fabrication Laboratories: Pedagogy and Impacts on Architectural Education. *Nexus Network Journal*, 469-482.
- Chae, M., Rozen, W., McMenamin, P., W. Findlay, M., Spychal, R., & Smith, D. (2015). Emerging applications of bedside 3D in plastic surgery. *Frontiers in Surgery*, 3.
- Chamberlain, S., & Meyers, M. (2015). Incorporation of 3D Printing in STEM. *Worcester Polytechnic Institute*, 3-4.
- Chennakesava, P., & Shivraj , N. (2014). Fused Deposition Modeling -. *International Conference on Advances in Design and Manufacturing (ICAD&M'14)*, 1349.
- Chery, D., Mburu, S., & Ward, J. (2015). Fontecchio, Integration of the Arts and Technology in GK-12. *Frontiers in Education Conference* (s. 1-4). El Paso, USA: IEEE.
- Chhabra, D., & Sandeep . (2017). Comparision And Analysis Of Different 3D Printing. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology* , 265.
- Chong, S., Ting Pan, G., Chin, J., Show, P., Yang, T., & Huang, C.-M. (2018). Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching. *MDPI/Sustainability*, 10-3960.
- Choudhari, C., & Patil, V. (2016). Product Development and its Comparative Analysis by SLA, SLS and FDM Rapid Prototyping Processes. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 149 (s. 4). Pune: IOP.

- Consulting, E. (2017, 12 5). *3D Printing in Today's World*. Eroconsulting: <https://www.eroconsulting.com/blog/3d-printing-in-todays-world> Erişim Tarihi: 07.08.2018
- Cronbach, L. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. 297-334.
- Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H., Kuzu, A., Kuzu , D., & Elif , B. (2016). Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojilerinin Eğitim Alanında Kullanımı: Türkiye'deki Uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 485-486.
- Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M., & Duysal, A. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri Ve Uygulama Alanları. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 56-60.
- Çetinkaya, K. (2016). Endüstri 4.0 ve 3B Yazıcılar. *3dexpoturkey* (s. 2-3). İstanbul: Demos & 3dprintexpoturkey.
- Çetinkaya, K., & Çelik, D. (2016). Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımları, Prototipleri. *DergiPark*, 152-153.
- D'Aveni, R. (2015). Operasyonlarınızı ve Stratejinizi Dönüştürecek Bir Devrim Gerçekleşiyor. *Harward Business Review*, 49.
- De Bruijn, E. (2017). *Wereldprimeur voor Gemert: Fietsen over seen 3D-geprinte brug I NOS*. NOS: <https://nos.nl/.../2198400-wereldprimeur-voor-gemert-fietse> Erişim Tarihi: 05.05.2018
- Dehla, R., & Rasel, R. (2015). 3D Printing as an Effective Educational Tool for MEMS Design and Fabrication. *IEEE, Manuscript* , 234.
- Demir, A. (2018). Üç Boyutlu Yazıcı Devrimi. *İSMMMO Yaşam*, 62-63.
- Dhanawade, D., & Bhatwadekar, S. (2017). A Review on Types of Powder Bed Fusion Process in Additive. *International Journal of Engineering Technology Science and Research IJETSR*, 992.
- Domingo, M., & Garganté, A. (2015). Exploring the use of educational technology in primary education: Teachers' perception of mobile technology learning impacts and applications' use in the classroom. *Elsevier*.

- Eisenberg, M. (2013). 3D printing for children: What to build next? *International Journal of Child-Computer Interaction*, 7-13.
- Emre, Ş., Yolcu, M., & Celayir, S. (2015). Üç boyutlu yazıcılar ve çocuk cerrahisi. *Çocuk Cerrahisi Dergisi* 2, 78-79.
- Ergin, D. (1995). Ölçeklerde Güvenirlik ve Geçerlik. *M.Ü.Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi* , 125-148.
- Erk, A. (2014). *Eğitim Sektöründe 3D Yazıcıların Önemi*. eğitimdeteknoloji: <http://www.egitimdeteknoloji.com/egitimde-ve-3d-yazici-kullanimi/#> Erişim Tarihi: 06.03.2018
- Fathers, S. (2017). Additive Manufacturing For Medical Technology. *MedTechWorld*, 04-05.
- Ford, S., & Minshall, T. (2019). Invited Review Article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *ScienceDirect*, 131-150.
- Formlabs. (2017). *The Ultimate Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing*. jvasconcellos: http://www.jvasconcellos.com.br/fat/FAT_TI/wp-content/uploads/2017/08/SLA_Guide.pdf Erişim Tarihi: 10.03.2018
- Freedman, D. (2016). *3D Printing Across Campus*. New York: STRATASYS.
- Giff, C., Gangula, B., & Illinda, P. (2014). 3D opportunity in the automotive industry. *Deloitte University Press*, 12-13.
- Gornet, T., & Wohlers, T. (2014). History of additive. *Wohlers*, 28-29.
- Grames , E. (2018). *SLA vs SLS – 2018 3D Printing Technology Shootout*. all3dp: <https://all3dp.com/2/sla-vs-sls-3d-printing-technology-shootout/> Erişim Tarihi: 15.03.2018
- Grant, C., MacFadden, B., Antonenko, P., & J. Perez, V. (2017). 3-D Fossils For K–12 Education: A Case Example Using The Giant Extinct Shark Carcharocles Megaladon. *The Paleontological Society Papers*, 197–209.
- Gross, B., Erkal, J., Lockwood, S., Chen, C., & Spence, D. (2014). Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology. *Analytical Chemistry*, 7-8.
- Gupta, S. (2017). 3D Printing in Dental Implantology. *Openventio*, 1-2.

- Hamill, J. (2017). *Paralysed man takes first steps after 3D-printed spinal implant operation*. Sun: <https://www.thesun.co.uk/news/1363867/paralysed-man-takes-first-steps-after-pioneering-3d-printed-spinal-implant-operation/> Erişim Tarihi: 05.04.2018
- Han, T., Kundu, S., Nag, A., & Xu, Y. (2019). 3D Printed Sensors for Biomedical Applications:. *MDPI*, 5.
- Howeidy, D. R., & Arafat, Z. (2017). The Impact of Using 3D Printing on Model Making Quality and Cost in the. *International Journal of Applied Engineering Research, Research India Publications.*, 988-989.
- Hüner, ř. (2005). *Sosyal ve Davranışsal Ölçümlerde Güvenilirlik ve Geçerlilik*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Irwin, J. (2014). TheRepRap3-DPrinterRevolutioninSTEMEducation. *21. American Society for Engineering Education* (s. 10-11). Indinapolis: ASEE.
- Jackson, B. (2017). *Fdm 3D Printer Material Research*. 3dprintingindustry: <https://3dprintingindustry.com/news/louisiana-board-regents-awards-150k-fdm-3d-printer-material-research-116409/> Erişim Tarihi: 10.05.2018
- Jianbin, X., & Jasveer, S. (2018). Comparison of Different Types of 3D Printing. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 7.
- Kahveci, M. (2010). Students' Perceptions To Use Technology For Learning: Measurement Integrity Of The Modified Fennama-Sherman. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*.
- Kan, İ., & Ercan, İ. (2004). Ölçeklerde Güvenirlik ve Geçerlik. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 211-16.
- Kedkem, (2014). *3 Boyutlu Yazıcılar Hakkında Geniş Bilgi*. kedkem: <https://kedkem.com/urunler/3-boyutlu-yazicilar/3-boyutlu-yazicilar-hakkinda-genis-bilgi-10538.htm> Erişim Tarihi: 15.05.2018
- Khorsandi, D., Fahimipour, A., Sepehr , S., Amir , A., & Andrea , A. (2018). Fused Deposition Modeling and Stereolithography. *Ecronicon*, 111.
- Kostakis, V., Niaros, V., & Giotitsas, C. (2015). Open source 3D printing as a means of learning: An educational. *Telematics and Informatics* , 118–128.

- Kökhan, S., & Özcan, U. (2018). 3D Yazıcıların Eğitimde Kullanımı. *Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi (BEST Dergi)*, 81-85.
- Kuyucu, Ç. (2014). <http://www.3dortgen.com/blog/3d-yazici-rehberi-2-3d-yazicilarda-kullanima-uygun-hammaddeler> Erişim Tarihi: 07.05.2018
- Kwon, H. (2017). Effects of 3D Printing and Design Software on Students' Interests, Motivation, Mathematical and Technical Skills. *Journal of STEM Education*, 37-41.
- Legutko, S. (2018). Additive techniques of manufacturing functional products from metal materials. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 393.
- Leitman, S., & Granzow, J. (2016). Music Maker: 3D Printing and Acoustics Curriculum. *NIME*, 118-121.
- Linneman, A. (2017). *The Intersection of STEM Education and 3D Printing*. shapeways: <https://www.shapeways.com/blog/archives/30034-intersection-stem-education-3d-printing.html> Erişim Tarihi: 17.05.2018
- Locker, A. (2017). *9 Basic Types of 3D Printers – 3D Printing Technology Guide*. all3dp: <https://all3dp.com/1/types-of-3d-printers-3d-printing-technology/> Erişim Tarihi: 05.05.2018
- Loff, S. (2017). *International Space Station's 3-D Printer*. NASA: <https://www.nasa.gov/content/international-space-station-s-3-d-printer> Erişim Tarihi: 07.05.2018
- Longwei, Y., Huitcan, S., Xingtian, Q., & Zho, W. (2016). The Fused Deposition Modeling 3D Printing. *International Conference on Electrical, Mechanical and Industrial Engineering*, 201-203.
- Loy, J. (2014). eLearning and eMaking: 3D Printing Blurring the Digital and the Physical. *education science*, 110-120.
- Ludmila, Novakova Marcincinova, & Josef, N. (2012). Applications of rapid prototyping fused deposotion modeling. *Daaam International, Vienna*, 58.
- MakerBot. (2017). *MakerBot 3D Printing for Education*. New York: Robotlab.

- Maloy, R., Trust, T., Kommers, S., Malinowski, A., & LaRoche, I. (2017). 3D Modeling and Printing in History/Social Studies Classrooms: Initial Lessons and Insights. *Society for Information Technology & Teacher Education*, 225-249.
- Mark, E., Martens, B., & Oxman, R. (2001). The Ideal Computer Curriculum. *Cumincad*, 168-175.
- Masato, M., Kodai, S., Kyuichito, T., Atsuki, S., & Azusa, S. (2018). 3D printing of police whistles for STEM education. *Microsystem Technologies*.
- Matias, E., & Rao, B. (2015). 3D Printing: On Its Historical Evolution and the Implications for Business. *PICMET*, 551-553.
- Mazzoli, A. (2012). Selective laser sintering in biomedical engineering. *International Federation for Medical and Biological Engineering* , 247.
- Mcbride, J. (2017). *PART 1: What Is 3D Printing & What Are The Benefits For Education?* ysoft: <https://www.ysoft.com/en/blog/2017/part-1-what-is-3d-printing-what-are-the-benefit> Erişim Tarihi:15.05.2018
- McMenamin, P., Quayle, M., McHenry, C., & Adams, J. (2014). The Production of Anatomical Teaching Resources Using Three-Dimensional (3D) Printing Technology. *ResearchGate*
- Mierzejewska, Ż., & Markowicz, W. (2015). Selective Laser Sinterşng – Binding Mechanism And Assistance In Medical Applications . *De Gruyter Open*, 6-7.
- Mulroy, J. (2012). *Cubify 3D Printer Brings High- Precision Prototyping to You*. Pcworld . Erişim Tarihi: 10.01.2019
- Nadar, B., Padale, A., Sukhadare, T., Patil, S., & Raut, P. (2018). Investigation of Tensile properties of composite feed stock filament for Fused Deposition Modeling. *International Journal of Scientific & Engineering Research* , 72.
- Novakova, L., & Marcincinova . (2012). Application of Fused Deposition Modeling Technology. *Faculty of Manuf. Tech. TUKE* , 35-36.
- NTV. (2017). *3 Boyutlu Yazıcı ile Kanser Ameliyatı*. NTV: https://www.ntv.com.tr/saglik/3-boyutlu-yazici-ile-kanser-ameliyati,0mXUj_wjzEuIUJ0Wd_DoSg Erişim Tarihi: 20.05.2018

- Nunnally, J. (1975). Psychometric Theory. 25 Years Ago and Now. *Educational Researcher*, 7-21.
- Oluwole, I. R. (2017). 3D Printing Technology – Applications, Benefits. *International Journal of Advanced Academic Research*, 25.
- Owen, J. (2017). *Expert insight with Paul Croft: 3D printing*. edtechnology: <https://edtechnology.co.uk/Article/expert-insight-3d-printing-1507631209> Erişim Tarihi: 27.05.2018
- Ötleş, S. (2016). Gıda sektöründe üç boyutlu yazıcıların kullanım olanakları. *Dünya Gıda*, 110.
- Özel, B. (2017). *Kanser hastası kadın 3 boyutlu model ile ameliyat edildi*. DHA: http://arsiv.dha.com.tr/kanser-hastasi-kadin-3-boyutlu-model-ile-ameliyat-edildi_1481156.html Erişim Tarihi: 05.04.2018
- Özgüven, S. (2015). Seramik Sanatında Üç Boyutlu Yazıcıların Yeri. *İdil*, 174-175.
- Özsoy, K. (2019). Üç Boyutlu (3B) Baskı Teknolojisinin Eğitimde Uygulanabilirliği: Senirkent MYO Örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 111-121.
- Pandey, R. (2014). Photopolymers in 3D printing applications. *ARCADA*, 27.
- Pearce, J. M. (2017). *Three reasons for open source tech in your 3D printing classroom*. Ultimaker: <https://ultimaker.com/en/blog/38397-three-reasons-for-open-source-tech-in-your-3d-printing-classroom> Erişim Tarihi: 10.04.2018
- Peng, Y., & Wei, W. (2014). Recent Advance on Fused Deposition Modeling. *Bentham Science*, 128.
- Perez, O., Pitcher, M., Hemmitt, H., Gomez, H., Espinoza, P., Anaya, R., & Nevarez, H. (2017). Year Three: Analysis of 3D technology impact on STEM based courses; specifically introduction to engineering courses. *2017 ASEE Annual Conference & Exposition*. Columbus, Ohio: ASEE.
- Pîrjan, A., & Petroşanu, D.-M. (2014). The Impact Of 3D Printing Technology On The Society And Economy. *Research Papers in Economics RePEc*
- Pryor, S. (2014). Implementing a 3D Printing Service in an Academic Library. *Southern Illinois University Edwardsville SPARK*, 7- 8.

- Rajesh, R., Sudheer, S., & Mithun, V. (2015). Selective Laser Sintering Process –A Review. *International Journal of Current Engineering And Scientific Research (IJCESR)* , 98.
- Redwood, B. (2016). *The Advantages of 3D Printing*. 3dhubs: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/advantages-3d-printing> Erişim Tarihi: 12.04.2018
- Richardot, A. (2018, 01 03). *3D Printing in Education: The Challenges of Opening a Makers Lab in a School*. Sculpteo: <https://www.sculpteo.com/blog/2018/01/03/3d-printing-in-education-the-challenges-of-opening-a-makers-lab-in-a-school/> Erişim Tarihi: 15.04.2018
- Roscoe, J., Fearn, S., & Posey, E. (2014). Teaching Computational Thinking by Playing Games and Building Robot. *International Conference on Interactive Technologies and Games* (s. 11-12). Nottingham: IEEE.
- Rouse, M. (2016). *3-D printing (additive manufacturing)*. 05 27, 2017 tarihinde whats.techtarget: <http://whatis.techtarget.com/definition/3-D-printing-rapid-prototyping-stereolithography-or-architectural-modeling> Erişim Tarihi: 16.04.2018
- Ruiz, M., Frías, M., Rider, R., Guillén, A., & Rangel , A. (2015). Fundamentals of Stereolithography, an Useful Tool. *ODOVTOS-International Journal of Dental Sciences*, 19-20.
- Sanders, M. (2009). Integrative STEM Education: Primer. *International Technology And Engineering Educators Assocation - ITEEA*, 20-26.
- Schnedeker, M. (2015). An Exploration of Introductory Training Experiences in 3D Design and 3D Printing. *UMI Dissertation Publishing*.
- Scott, J., Gupta , N., Weber , C., Newsome , S., Wohlers, T., & Caffrey, T. (2012). Additive Manufacturing: Status and Opportunities. *Science And Technology Policy Institute*
- Sedhom, R. (2015). 3D Printing and its Effect on the Fashion Industry: It's More Than Just About Intellectual Property. *Santa Clara Law Review*, 870-871.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research Methods For Business: A Skill Building Approach*. John Wiley & Sons.

- Shihab, F. (2017). *The disadvantages of 3D printing*. Steemit: <https://steemit.com/printing3d/@fathin-shihab/the-disadvantages-of-3d-printing>
Erişim Tarihi: 25.04.2018
- Smeeke, I. (2015). *3D printing in education for inspirational learning*. Ultimaker: <https://ultimaker.com/en/stories/17450-3d-printing-in-education-for-inspirational-learning> Erişim Tarihi: 24.05.2018
- Sreehitha, V. (2017). Impact Of 3D Printing In Automotive Industries. *International Journal of Mechanical And Production Engineering*, 92.
- Stahl, H. (2013). 3D Printing – Risks and Opportunities. *Öko-Institut e.V*, 6.
- Stansell, A., & Tyler, T. (2016). Digital Fabrication for STEM Projects. *International Conference on Advanced Learning Technologies*, 483-485.
- Stefan, J., & Matt, R. (2015). New Approach to Introduction of 3D Digital Technologies in Design Education. *Procedia CIRP*, 35-40.
- Stidham, P., & Attaran, M. (2017). The coming age of 3D Printing. *ISE Magazine*.
- Taormina, G., Sciancalepore, C., Bondioli, F., & Messori, M. (2018). Special Resins for Stereolithography: In Situ Generation of Silver Nanoparticles. *MDPI/ Polymers*, 2-3.
- Thewissen, F., Karevska, S., Czok, A., Pateman, C., & Krauss, D. (2016). If 3D printing has changed the industries of tomorrow, how can your organization get ready today? *EY*, 15.
- Thurn, L., Bâlc, N., Gebhardt, A., & Kessler, J. (2017). Education packed in technology to promote innovations: Teaching Additive Manufacturing. *MATEC Web of Conferences*, 137.
- Tillman, D., An, S., Cohen, J., Kjellstrom, W., & Boren, R. (2014). Exploring wind power: Improving mathematical thinking through digital fabrication. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 401-421.
- Torlak, Ö., Doğan, V., & Özkara, B. (2014). Marka Farkındalığı, Marka İmajı, Markadan Etkilenme ve Markaya Güvenin Marka Bağlılığı Üzerindeki Görece Etkilerinin İncelenmesi: Turkcell Örneği. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 147-161.

- Trust, T., & Maloy, R. (2017). Why 3D Print? The 21st-Century Skills Students Develop While Engaging in 3D Printing Projects. *Taylor& Francis Online*, 253-266.
- Türk, C. (2014). *3 Boyutlu yazıcı nedir ? Nasıl çalışır ?* . 05 27, 207 tarihinde cemtürk: <http://www.cemturk.net/2014/04/22/3-boyutlu-yazici-nedir-nasil-calisir/> Erişim Tarihi: 01.02.2018
- Uğurlu, E. (2016). *3D Printer Zaxe X1 testte!* CHIP. 06.06.2016 tarihinde CHIP: https://www.chip.com.tr/inceleme/zaxe-x1-3d-printer_4780.html Erişim Tarihi: 07.02.2018
- Uzel, D., & Hangül , T. (2010). Bilgisayar Destekli Öğretimin (BDÖ) 8. Sınıf Matematik Öğretiminde Öğrenci Tutumuna Etkisi ve BDÖ Hakkında Öğrenci Görüşleri. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education* , 154 - 176.
- Vries, P., Kamp, A., & Klaassen, R. (2017). EMERGING TECHNOLOGIES IN ENGINEERING EDUCATION: CAN WE MAKE IT WORK? *Proceedings of the 13th International CDIO Conference* (s. 18-22). Calgary: University of Calgary.
- Walker, D. (2016). *3D PRINTING IN MIDDLE SCHOOL*. MyStemKits: <https://www.mystemkits.com/3d-printing-in-middle-school/> Erişim Tarihi: 21.05.2018
- Wright , I. (2017). *7 Examples of How 3D Printing is Being Used in Manufacturing Today*. Engineering:<https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/15719/7-Examples-of-How-3D-Printing-is-Being-Used-in-Manufacturing-Today.aspx> Erişim Tarihi: 07.07.2018
- www.tue.nl.com. (2017). *World's first 3D printed reinforced concrete bridge opened*. Tue: <https://www.tue.nl/en/university/departments/built-environment/news/17-10-2017-worlds-first-3d-printed-reinforced-concrete-bridge-opened/> Erişim Tarihi: 05.05.2018
- Yagnik, D. (2014). Fused Deposition Modeling – A Rapid Prototyping technique for Product Cycle Time Reduction cost effectively in Aerospace. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 63.

- Yıldırım, G. (2017). *Savunmanın devlerinde 'metal yazıcı' devrimi*. AA: <http://aa.com.tr/tr/ekonomi/savunmanin-devlerinde-metal-yazici-devrimi/877279?amp=1> Erişim Tarihi: 10.05.2018
- Yıldırım, G. (2018). Opinions of Secondary School Students on 3D Modelling Programs and 3D Printers. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*.
- Yu, L. (2013). A Comparative Study Of Rapid Prototyping Systems. *MoSpace*, 3.
- Zcorporation. (2015). *How 3D Printing works*. arctron: http://www.arctron.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/Zcorporation-3DPrinting-Info.pdf Erişim Tarihi: 12.02.2018
- Zeal3dprinting. (2017). *FDM vs. SLA vs. SLS: How to Choose The Right 3D Printing Technology*. Zeal3dprinting: <https://www.zeal3dprinting.com.au/fdm-sla-sls-choose-right-3d-printing-technology> Erişim Tarihi: 02.02.2019
- Zunino, J., & Kook, S. (2017). *RAMBO'S Premiere*. army: https://www.army.mil/article/183465/rambos_premiere Erişim Tarihi: 03.04.2018

EKLER

EK 1: ANKET

Sevgili öğrenciler,

Bu anket, Aksaray Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Sezgin Küçüksolak'ın'ın Doç. Dr. Hülya BAKIRTAŞ danışmanlığında yürüttüğü tez çalışmasının uygulaması için yapılmaktadır

Bu çalışmanın amacı, üç boyutlu yazıcı teknolojisini ilk defa kullanacak olan ortaokul ve lise seviyesindeki öğrencilerin üç boyutlu yazıcıya karşı beklenti, tutum ve davranışlarını ortaya çıkarmaktır. Seçenekli sorularda her bir ifadeyi dikkatlice okuduktan sonra, yanıtınız olan seçeneğe ait kutucuğa (X) ile işareti koymanız gerekirken, diğer sorulara ilişkin yanıtınızı ise yazmanız gerekmektedir. Katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

Sezgin Küçüksolak
Yüksek Lisans Öğrencisi

I. BÖLÜM: DEMOGRAFİK ÖZELLİKLER

1. Cinsiyetiniz? ☐ Kadın ☐ Erkek

2. Yaşınız: (.....)

3. Şu andaki eğitim düzeyiniz ☐ Ortaokul öğrencisiyim ☐ Lise öğrencisiyim

4. Kaçınıcı sınıfsınız?

☐ 5. Sınıf ☐ 6.Sınıf ☐ 7.Sınıf ☐ 8.Sınıf ☐ 9.Sınıf ☐ 10.Sınıf ☐ 11.Sınıf ☐ 12.Sınıf

5. Gelir düzeyiniz?

☐ 1500 ve altı ☐ 1501-2000 ☐ 2001-2500 ☐ 2501-3000 ☐ 3001-3500 ☐ 3501-4000

☐ 4001-4500 ☐ 4501-5000 ☐ 5001-5500 ☐ 5501-6000 ☐ 6001 ve üzeri

6. Okuduğunuz okul türü hangisidir? ☐ Özel okul ☐ Devlet okulu

7. Annenizin eğitim düzeyi?

☐ İlkokul ☐ Ortaokul ☐ Lise ☐ Üniversite ☐ Lisansüstü ☐ Diğer

8. Babanızın eğitim düzeyi?

☐ İlkokul ☐ Ortaokul ☐ Lise ☐ Üniversite ☐ Lisansüstü ☐ Diğer

9. Annenizin mesleği nedir? (.....)

10. Babanızın mesleği nedir? (.....)

II. BÖLÜM: ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİ DENEYİMİ

1- Daha önce üç boyutlu yazıcı teknolojisini deneyimlediniz mi ? ☐ Evet ☐ Hayır

2. Bilgisayar destekli tasarım programı daha önce kullandınız mı? ☐ Evet ☐ Hayır

3. Eğitime geldiğiniz gün? ☐ Pazartesi ☐ Salı ☐ Çarşamba ☐ Perşembe ☐ Cuma

4. Bu programa katıldığınız saat aralığı ? Başlangıç: (.....) Bitiş: (.....)

5. Bu eğitimden memnun kaldınız mı ?

☐ Hiç memnun değilim.

☐ Kısmen memnun değilim.

☐ Ne memnunum, ne değilim.

☐ Kısmen memnunum.

☐ Tamamen memnunum

6. Arkadaşlarınıza ya/ya da çevrenizdeki kişilere üç boyutlu yazıcı eğitiminden bahsedecek misiniz?

☐ Kesinlikle bahsetmem

☐ Muhtemelen bahsetmem

☐ Emin değilim

☐ Muhtemelen bahsederim

☐ Kesinlikle bahsederim

7. Bu kurumun verdiği eğitimi, çevrenizdeki kişilere tavsiye edecek misiniz?

☐ Kesinlikle tavsiye etmem

☐ Muhtemelen tavsiye etmem

☐ Emin değilim

☐ Muhtemelen tavsiye ederim

☐ Kesinlikle tavsiye ederim

8. Gelecekte böyle bir eğitimi yeniden almak ister misiniz?

☐ Kesinlikle istemem

☐ Muhtemelen istemem

☐ Emin değilim

☐ Muhtemelen isterim

☐ Kesinlikle isterim

III. BÖLÜM: ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİ ALGISI

	ÇALIŞMA ÖNCESİ					ÇALIŞMA SIRASINDA					ÇALIŞMA SONUNDA				
Aşağıdaki ifadelere ne derece katılıyorsunuz ?	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne Katılmıyorum Ne Katılmıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne katılmıyorum Ne katılmıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne katılmıyorum Ne katılmıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
Üç boyutlu bir model tasarlayabilirim.															
Üç boyutlu bir modelin baskısını yapabilirim.															
Üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını başka birisine açıklayabilirim.															
Üç boyutlu bir modelin baskısının nasıl yapılacağını başka birisine açıklayabilirim.															
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin nasıl tasarlanacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.															
Başka birisinin hayalindeki üç boyutlu bir modelin baskısının nasıl yapılacağını bir başka kişiye açıklayabilirim.															

IV. BÖLÜM: ÜRÜN TASARIMI VE BASKI SIRASINDA GÖZLENENLER,

Üç boyutlu ürün tasarımı boyunca, aşağıdakilerden hangilerini gözlemledinizse, gözlemledikleriniz için **EVET**, gözlemlemedikleriniz için **HAYIR** sütununa (X) işareti koyunuz.

	EVET	HAYIR
Değişen bakış açısı		
Yakınlaştırma/Uzaklaştırma		
Nesnenin yeniden boyutlandırılması		
Nesnenin hareket ettirilmesi		
Nesnenin döndürülmesi		
Nesnenin ölçülmesi		
Kopyalanmış ve yapıştırılmış nesneler		
Boşluk oluşturulması/Nesne çıkarılması		
Nesnelerin birleştirilmesi		
Nesnelerin bölünmesi		
Bir kerede seçilmiş çoklu nesneler		
Üç boyutlu yazıcıya dışarıdan model ekleme		
Üç boyutlu baskı modeline başlama		
Nesnenin baskısını yapma		

V. BÖLÜM: TUTUM

Lütfen kendinize uygun gelen yanıtı (X) işareti koyunuz

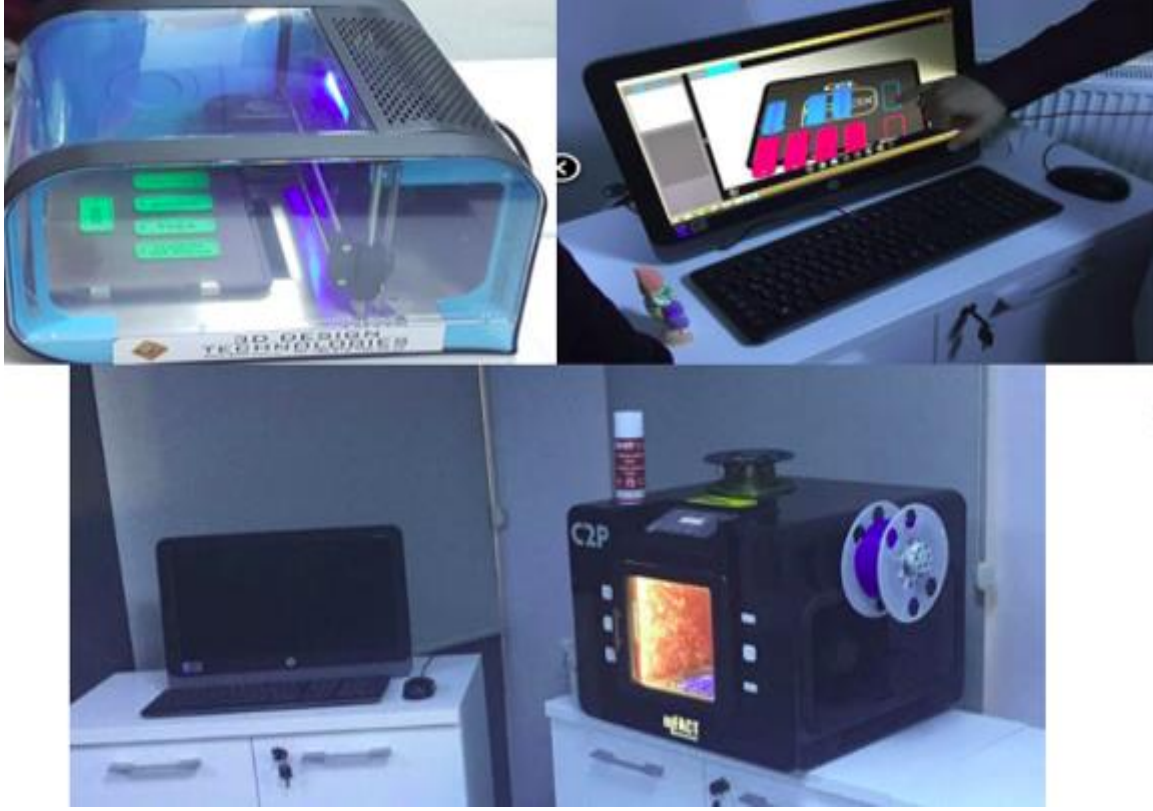
Aşağıdaki ifadelere katılım düzeyinizi belirtiniz	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne katılıyorum Ne katılmıyorum	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
Üç boyutlu yazıcı eğitiminin ilginç olduğunu düşünüyorum.					
Bu konuya ilişkin yeni bir eğitimi dört gözle bekliyorum.					
Bu eğitim heyecan vericiydi.					
Okulda da üç boyutlu yazıcı eğitimi almak isterim.					
Üç boyutlu yazıcı teknolojisini diğer aldığım eğitimlerden daha çok sevdim.					
Bu eğitim hiç sıkıcı değildi.					
Bu eğitimin zor olmadığını düşünüyorum.					
Bu eğitimde kendimi başarılı olarak görüyorum.					
Bu eğitim, yeteneğimi keşfetmemi sağladı.					
Bu eğitimde anlatılanları kolayca öğrendim					
Bu eğitimde kendimi en başarılı olarak görüyorum					
Eğitim sırasında yaratıcı olabileceğimi hissettim					
Bu eğitim sırasında anlatılan her şeyi anladım					

EK 2: Aksaray Üniversitesi Etik Kurulu Karar Örneği

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
İnsan Araştırmaları Etik Kurulu Kararı

<i>Tarih</i>	<i>Toplantı Sayısı</i>	<i>Karar No</i>
<i>28.12.2017</i>	<i>7</i>	<i>2017/95-113</i>
Üniversitemiz İnsan Araştırmaları Etik Kurulu 28.12.2017 tarihinde saat 15.00'de Kasım-Aralık 2017 dönemindeki başvuruları görüşmek üzere toplanarak aşağıdaki kararları almıştır: <u>Karar 2017/112:</u> Yürütücülüğünü Doç.Dr. Hülya BAKIRTAŞ'ın yaptığı ve Sezgin KÜÇÜKSOLAK'ın katkı verdiği "<i>Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi ve Bu Teknolojinin Ortaokul ve Lise Öğrencilerinin Kullanım Deneyimi Üzerine Bir Uygulama</i>" başlıklı araştırma ile ilgili 2017/112 protokol numaralı başvuru Kurulumuzca incelenmiş, Üniversitemizin İnsan Araştırmaları Etik Kurul Yönergesinde belirtilen etik ilkelere uygun olduğuna toplantıya katılan üyelerin oy birliği ile karar verilmiştir.		
 Prof. Dr. M. Bahaüddin VAROL <i>Başkan</i>		
 Doç. Dr. Hüseyin ÜNLÜ <i>Üye</i>	 Doç. Dr. Mehmet KARACA <i>Üye</i>	KATILMADI Yrd. Doç. Dr. Sevilay USLU DİVANOĞLU <i>Üye</i>
KATILMADI Yrd. Doç. Dr. Arzu YÜKSEL <i>Üye</i>	 Yrd. Doç. Dr. Funda VARNACI UZUN <i>Üye</i>	KATILMADI Yrd. Doç. Dr. Gaye BULUT <i>Üye</i>

EK 3: Araştırmada Kullanılan FDM Teknolojisiyle alışan 3B Yazıcılar



EK 4: Baskısı Tamamlanmış Anahtarlık Prototipi



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı	Küçüksolak, Sezgin
Uyruğu	T.C
Doğum tarihi ve yeri	08.07.1992- Kastamonu
Medeni hali	Bekar
Telefon	5060535014
Faks	
E-posta	sezginkucuksolak@gmail.com

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Lise	Gebze E.M.L	2010
Lisans	Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri	2016
Yüksek Lisans	Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı	

İş Deneyimi, Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
1	Vodafone Teknoloji	Yazılım Kalite Uzmanı

Yabancı Dil	İngilizce
-------------	-----------