



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



Yüksek Lisans Tezi

**3 BOYUTLU BASKI İŞLETMELERİNİN REKABET PİYASASINDA
AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARININ İNCELENMESİ**

Ömer EVİN

Enformatik Anabilim Dalı

Enformatik Programı

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Çiğdem EROL**

**II. DANIŞMAN
Doç. Dr. Fatma Şebnem AKAL İLKHAN**

Nisan, 2023

İSTANBUL

Bu alışma, 27.04.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Enformatik Anabilim Dalı, Enformatik Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Çiğdem EROL(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN
İstanbul Üniversite
Enformatik Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın ÖZKAN
İstinye Üniversite
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.



ÖNSÖZ

Bu çalışma kapsamında her türlü desteğini sağlayan, her koşulda olumlu yaklaşan, motive eden ve bana olan inançlarını asla kaybetmeyen çok değerli tez danışmanlarım Doç. Dr. Çiğdem EROL ve Doç. Dr. Fatma Şebnem AKAL İLKHAN'a tüm içtenliğimle ve samimiyetimle teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimime başladığım andan itibaren bana her zaman destek olan değerli bölüm başkanımız Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN, değerli hocalarım Doç. Dr. Murat GEZER, Dr. Serra ÇELİK ve tüm değerli Enformatik ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Bana her zaman destek olan ve hep yanımda olan eşime, tecrübesiyle bu çalışmada yardımcı olan babama, her koşulda beni motive eden anneme ve neşe kaynağım canım oğluma şükranlarımla.

Nisan 2023

Ömer EVİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. 3 BOYUTLU YAZICILARIN GELİŞİMİ	3
2.1.1. İnsanın Üretime Başlaması ve Endüstri Devrimi	3
2.1.2. Yeni Üretim Yöntemlerinin Bulunması ve Gelişimi	4
2.1.3. 3 Boyutlu Yazıcı Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi.....	5
2.1.4. 3 Boyutlu Yazıcıların Kronolojik Gelişimi	14
2.2. 3 BOYUTLU YAZICI ÇEŞİTLERİ	19
2.2.1. Genel Yaklaşım	19
2.2.2. Üretimde Kullanılan Materyal Cinslerine Göre 3 Boyutlu Yazıcı Türleri.....	19
2.2.3. Kullanıldığı Alana Göre 3 Boyutlu Yazıcı Türleri	20
2.2.4. Farklı Baskılama Yöntemlerine Göre 3 Boyutlu Yazıcı Türleri	20
2.2.4.1. SLA Yazıcılar	21
2.2.4.2. SLS Yazıcılar	22
2.2.4.3. Bağlayıcı Püskürtme Yazıcılar (Binder Jetting).....	24
2.2.4.4. Malzeme Püskürtme Yazıcılar	25
2.2.4.5. SDL Yazıcılar	26
2.2.4.6. EBM Yazıcılar	28
2.2.4.7. DLP Yazıcılar	29
2.2.4.8. FDM / FFF / Ekstrüzyon Yazıcılar	30
2.2.5. 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanımı	31
2.3. 3 BOYUTLU YAZICILARIN KULLANILDIĞI SEKTÖRLER	32
2.3.1. 3 Boyutlu Yazıcılar için Yazılım sektörü	33

2.3.2.	Kendi Kendine Mühendislik.....	33
2.3.3.	3 Boyutlu Yazıcıların Uzak Havacılık, Otomotiv, Altyapı Alanında Kullanımı	34
2.3.4.	3 Boyutlu Yazıcıların Tıp Alanında Kullanımı	35
2.3.5.	3 Boyutlu Yazıcıların Fizik, Kimya, Enerji, Robotik Alanlarında Kullanımı	38
2.3.6.	3 Boyutlu Yazıcıların Muhtelif Alanlarda Kullanımı.....	38
2.4.	REKABET PİYASALARI VE İŞLETMELER.....	40
2.4.1.	Sistem Piyasası İçerisinde Yer Alan İşletmeler.....	40
2.4.2.	Malzeme Piyasası İçerisinde Yer Alan İşletmeler.....	41
2.4.3.	Hizmet ve Ürün Piyasası İçerisinde Yer Alan İşletmeler.....	42
2.5.	PİYASA ANALİZLERİ, GELİŞEN SEKTÖRLER VE EĞİLİMLER.....	43
2.5.1.	3 Boyutlu Baskılamanın Küresel Piyasa Eğilim Analizi.....	43
2.5.2.	3 Boyutlu Baskılamanın Türkiye Piyasası Eğilim Analizi.....	48
3.	MALZEME VE YÖNTEM.....	52
3.1.	İŞLETMELERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARININ İNCELENMESİ İÇİN DENGELENMİŞ SKOR KART UYGULAMASI	54
3.1.1.	İşletme Seçimi	54
3.1.2.	AHP Prosesi ve Dengelenmiş Skor Kart Uygulaması.....	55
3.1.2.1.	<i>Dengelenmiş Skor Kart Kriter Seçimi</i>	<i>55</i>
3.1.2.2.	<i>AHP Uygulaması.....</i>	<i>58</i>
3.2.	A İŞLETMESİ VERİ ANALİZİ.....	63
3.3.	B İŞLETMESİ VERİ ANALİZİ	67
3.4.	C İŞLETMESİ VERİ ANALİZİ	70
4.	BULGULAR.....	73
4.1.	FİNANSAL BOYUT ANALİZİ.....	74
4.2.	MÜŞTERİ BOYUT ANALİZİ	74
4.3.	İÇ SÜREÇLER BOYUT ANALİZİ	75
4.4.	ÖĞRENME VE AR-GE BOYUT ANALİZİ	75
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	77
KAYNAKLAR.....		80
ÖZGEÇMİŞ		84

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: SLA yazıcılar.	21
Şekil 2.2: SLS yazıcılar.	22
Şekil 2.3: Bağlayıcı püskürtme yazıcılar.	24
Şekil 2.4: Malzeme püskürtme yazıcılar.	25
Şekil 2.5: SDL yazıcılar.	26
Şekil 2.6: SDL aşamaları.	27
Şekil 2.7: EBM yazıcılar.	28
Şekil 2.8: DLP yazıcılar.	29
Şekil 2.9: FDM yazıcılar.	30
Şekil 2.10: Eksiltmeli ve eklemeli üretim yöntemlerinin aşamaları (Jakus, 2019).	37
Şekil 2.11: Hiperelastik kemik, 3B grafen mürekkep ve toz içeriği (Jakus, 2019).	38
Şekil 2.12: Kuzey Amerika 3BB pazar hacmi.	44
Şekil 2.13: 3BB rekabet piyasaları.	44
Şekil 2.14: 3BB büyüme oranları.	45
Şekil 2.15: 3BY tercih analiz grafiği.	46
Şekil 2.16: 3BB için Gartner hype döngüsü (Basiliere & Shanler, 2019).	47
Şekil 2.17: Nesnelerin interneti için 2019-2030 arası market analizi (Fortune Business Insight, 2023).	48
Şekil 2.18: 3BB sistemlerinin prosese göre dağılım şeması (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019).	49
Şekil 2.19: Politika önerilerinin analizi (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019).	51
Şekil 3.1: İş akış diyagramı.	52

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: 3BB Türkiye pazar büyüklükleri (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019).	50
Tablo 3.1: Dengelenmiş skor kart kriterleri.....	56
Tablo 3.2: Saaty önem ölçeği (Saaty, 1986).....	59
Tablo 3.3: Boyutlar ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.	60
Tablo 3.4: Finans kriterleri ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.	60
Tablo 3.5: Müşteri kriterleri ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.....	61
Tablo 3.6: Müşteri kriterleri ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.....	61
Tablo 3.7: Öğrenme kriterleri ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.	62
Tablo 3.8: A işletmesi müşteri destek tablosu.	63
Tablo 3.9: A işletmesi online müşteri platform tablosu.	63
Tablo 3.10: A işletmesi müşteri ilişkileri tablosu.....	64
Tablo 3.11: A işletmesi sosyal medya tablosu.....	64
Tablo 3.12: A işletmesi ürün çeşitlilik tablosu.	65
Tablo 3.13: A işletmesi veri analiz tablosu.	66
Tablo 3.14: B işletmesi müşteri destek tablosu.	67
Tablo 3.15: B işletmesi online müşteri platform tablosu.....	67
Tablo 3.16: B işletmesi müşteri ilişkileri tablosu.	67
Tablo 3.17: B işletmesi sosyal medya tablosu.....	68
Tablo 3.18: B işletmesi ürün çeşitlilik tablosu.	68
Tablo 3.19: B işletmesi veri analiz tablosu.....	69
Tablo 3.20: C işletmesi müşteri destek tablosu.	70
Tablo 3.21: C işletmesi müşteri ilişkileri tablosu.	70
Tablo 3.22: C işletmesi sosyal medya tablosu.....	70

Tablo 3.23: C işletmesi ürün çeşitlilik tablosu.	71
Tablo 3.24: C işletmesi veri analiz tablosu.....	72
Tablo 4.1: 3 İşletme için hazırlanmış dengelenmiş skor kart.	73
Tablo 4.2: En iyi seçeneğin belirlenmesi.....	76



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kisaltmalar	Açıklama
3BY	: 3 Boyutlu Yazıcı
3BB	: 3 Boyutlu Baskı
AM	: Eklemeli Üretim
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
BJ	: Bağlayıcı Püskürtme
BSC	: Dengelenmiş Skor Kart
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
DLP	: Sayısal Işık İşleme
DMLS	: Doğrudan Metal Lazer Sinterleme
EBM	: Elektron Işınım eritme
FDM	: Eriyik Yığma Modelleme
FFF	: Serbest Biçimli İmalat
PLA	: Polilaktik Asit
RPM	: Hızlı Prototip Üretim
SDL	: Seçici Biriktirme Laminasyonu
SEC	: Amerika Birleşik Devletleri Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonu
SLA	: Stereolithography
SLM	: Seçici Lazer Ergitme
SLS	: Seçici Lazer Sinterleme
SM	: Eksiltmeli Üretim
STL	: Standart Üçgen Dili

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

3 BOYUTLU BASKI İŞLETMELERİNİN REKABET PİYASASINDA AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARININ İNCELENMESİ

Ömer EVİN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enformatik Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Çiğdem EROL

II. Danışman : Doç. Dr. Fatma Şebnem AKAL İLKHAN

Endüstri 4.0 için ana çerçeve sayılabilecek hususlardan biri olan 3 Boyutlu Baskılamanın önemi her geçen gün artmakta ve hayatımızda her yönüyle daha fazla yer almaktadır. İlk başlarda küçük çaplı model üretime yönelik olan pazar payı, büyük firmaların da 3 Boyutlu Baskılama teknolojilerini kullanmasıyla endüstriyel makine ve havacılık sektörlerinde parça üretimine doğru evrilmiş ve bu evrim hızla tüm sektörlerde görülmeye başlamıştır. Robotik protezlerden, biyo-uyumlu implant üretimine kadar sağlık sektöründe yoğun olarak kullanılmakta ve oyuncak, moda, eğitim ve gıda gibi birçok sektörde kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada 3 Boyutlu Baskılamanın donanım, hizmet ve sistem pazarları incelenmiş, sektörel gelişmeler yorumlanmış ve sistem pazarı içerisinde yer alan 3 şirketin verileri Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Dengelenmiş Skor Kart ile analiz edilerek gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

Sonuç olarak 3 Boyutlu Baskılama teknolojisinin pazar hacminin her geçen gün arttığı, rekabetin geliştiği ve özellikle belirli sektörlerde öneminin büyük ölçüde arttığı görülmekle beraber kimi alanda beklenen etkiyi gösteremediği tespit edilmiştir. 3 Boyutlu Baskılama teknolojisinin halen gelişim aşamasında olması nedeniyle piyasada yer alan işletmeler AR-GE çalışmalarına daha çok önem vermeli, artan üretim maliyetlerini azaltacak gelişmeler üzerine çalışmalı ve ürün çeşitliliklerini arttırarak rekabet piyasalarında avantaj sağlamaya çalışmalıdır. Nisan 2023, 95 sayfa.

Anahtar kelimeler: 3 boyutlu yazıcılar, endüstri 4.0, eklemeli üretim, 3 boyutlu baskılama, dengelenmiş skor kart, analitik hiyerarşi prosesi.



SUMMARY

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF THE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF 3D PRINTING COMPANIES IN THE COMPATITIVE MARKET

Ömer EVİN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Informatics

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Çiğdem EROL

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Fatma Şebnem AKAL İLKHAN

The importance of 3D Printing, which is one of the basic frame of Industry 4.0, is increasing day by day and it is more and more involved in every aspect of our lives. The market share, which was initially aimed at small-scale model production, has evolved into part production in the industrial machinery and aviation sectors, with the use of 3D Printing technologies by large companies, and this evolution is rapidly seen in all sectors. It is used extensively in the health sector from robotic prostheses to biocompatible implant production, and its use in many sectors such as toys, fashion, education and food is becoming more common day by day.

In this study, hardware, service and system markets of 3D Printing were examined, sectoral developments were interpreted and the data of 3 companies in the system market were examined by Analytical Hierarchy Process with the Balanced Score Card and necessary analyzes were made.

In conclusion, despite the fact it has not taken the expected effect in some areas, it has been determined that the market volume and importance of 3D Printing technology is increasing day by day especially in certain sectors. Since 3D Printing technology is still in the development stage, businesses in the market should give more importance to R&D studies, work on developments that will reduce the production costs and try to gain an advantage in competitive markets by increasing their product range.

April 2023, 95 pages.

Keywords: 3d printers, industry 4.0, additive manufacturing, 3d printing, balanced score card, analytical hierarchy process.



1. GİRİŞ

3 Boyutlu Baskılama (3BB) bir diğer adıyla Eklemeli veya Katmanlı Üretim (*Additive Manufacturing*), üretim süreçlerine yeni bir boyut getirerek Endüstri 4.0'ın temel yapı taşlarından biri haline gelmiştir. İlk olarak 1980'lerde polimer ve plastik gibi sert ve az detaylı malzemelerin üretilmesinde kullanılan 3 Boyutlu Yazıcılar (3BY), bilgisayar destekli tasarım ve gelişen teknolojiler ile beraber gelişerek günümüzde tıp, eczacılık, sanayi, gıda, tekstil gibi birçok sektörde kullanılmaktadır (Bakkalbaşı ve diğ., 2018). İlk başlarda küçük çaplı model üretimine yönelik olan pazar payı, büyük firmaların da 3BB teknolojilerini kullanmasıyla birlikte endüstriyel makine ve havacılık sektörlerinde parça üretimine doğru evrilmiş ve bu evrim hızla tüm sektörlerde görülmeye başlamıştır (Ituarte ve diğ., 2017).

Günümüzde 3BY'ler robotik protezlerden, biyo-uyumlu implant üretimine sağlık sektöründe yoğun olarak kullanılmaktadır. Henüz başlı başına bir devrim olarak nitelendirilmeyen ancak birçok sektörde kullanılmaya başlanan 3BY'lerin yaygınlaşması ile gelecekte her bireyin üretici/tüketici konumunda olacağı fikri çok uzak değildir. Yakın gelecekte hayatımızın birçok alanında yer alacak 3BY'ler ile ilgili birçok fırsat olduğu gibi rekabet piyasası içerisinde başarılı olmak için her işletmenin gerekli analizleri yapması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında amaç 3BB pazarı içerisinde yer alan işletmelerin rekabet piyasası içerisinde avantaj ve dezavantajlarının incelenmesidir. Bu kapsamda öncelikle 3BB ve 3BY'lerin gelişimi, 3BY çeşitleri ve kullanılan sektörler hakkında literatür taraması yapılmıştır. 3BB teknolojinin mevcut durumu ve geleceği hakkında hazırlanan raporlar incelenmiş, hem küresel hem de ülkemiz özelinde bu teknolojinin durumu hakkında analizler yapılmıştır. Akabinde rekabet piyasasında öncü konumda bulunan ve farklı ülke menşeli 3 ayrı işletmenin Amerika Birleşik Devletleri Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonu (*U.S. Securities and Exchange Commission – SEC*) veri tabanında yer alan 2017-2022 yılları arasını kapsayan yıllık raporlar incelenmiş ve gerekli veriler alınmıştır. Bu veriler önceden belirlenen kriterler ile hazırlanan Dengelenmiş Skor Kart üzerinde analiz edilerek işletmelerin finansal, müşteri, iç süreç ve öğrenme boyutlarında durumları değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışması beş farklı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde çalışmanın kapsamı, amacı ve ilgili bölümleri anlatılmıştır.

Genel kısımlar bölümünde 3BB teknolojisinin ve 3BY'lerin genel tanımları, gelişimi, çalışma prensipleri, çeşitleri ve kullanıldıkları sektörler literatür taraması yapılarak tanıtılmıştır. Ayrıca yapılan tarama sonucu 3BB pazarının hem küresel hem de ülkemiz içerisindeki genel durumu, eğilimleri ve olası gelişmeleri değerlendirilmiştir. Bu noktada belirtmek gerekir ki 3BB teknolojisi içerisinde birçok farklı yabancı terim kullanılmaktadır ve çoğunluğunun Türk Dil Kurumu sözlüklerinde ve literatür taramasında Türkçe yerleşik karşılığı bulunamamıştır.

Malzeme ve yöntem bölümünde öncelikle Dengelenmiş Skor Kart uygulaması için alt kriterler çıkarılmış ve bu kriterlerin karşılıklı ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile belirlenmiştir. Daha sonra 3BB rekabet piyasası içerisinde yer alan üç işletmeye ait SEC veri tabanından alınan veriler Dengelenmiş Skor Kart üzerinde ağırlık katsayılarına göre sıralanmıştır.

Bulgular bölümünde Dengelenmiş Skor Kart ile elde edilen veriler değerlendirilmiş ve işletmelerin ayrı ayrı finans, müşteri, iç süreçler ve öğrenme boyutlarında durumları açıklanmıştır.

Son olarak tartışma ve sonuç bölümünde elde edilen bulgular, yapılan literatür taraması ile karşılaştırılarak genel değerlendirme yapılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

Bu bölümde 3BB ve 3BY’ler gelişim, çeşitlilik, sektörel kullanım ve piyasa analizi olmak üzere 4 ana başlık altında incelenmiştir. 3BB teknolojisine kapsam olarak, bilinen 3 boyutlu uzayda maddeyi eklemeli imalat yöntemleri ile ortaya koyan gelişmeler dâhil edilmiştir ve çalışmaların tarihsel gelişimleri, çeşitleri ve kullanıldıkları sektörler farklı kaynaklarla karşılaştırılarak bu bölümde açıklanmıştır.

2.1. 3 BOYUTLU YAZICILARIN GELİŞİMİ

2.1.1. İnsanın Üretime Başlaması ve Endüstri Devrimi

Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler insan hayatını kolaylaştırır, zaman, fayda, refah ve ekonomik kazanç sağlar. Yeryüzünde canlı yaşamın başlamasından sonra insan görüp elde ettiklerinden bir şeyler yapmaya çalışmasa ve merak edip araştırmasaydı, yeni bir şeyler arayıp bulmaya çalışmasaydı, daha iyisini, daha ucuzunu ve daha kolayını yapmaya çaba sarf etmeseydi dünya bugün eriştiği düzeyde olamazdı. Gerçekten insanoğlu ihtiyaçlarını karşılamak için yeni bir şeyler ürettiği için medeniyetler kurulmuş, çıkar çatışmaları başlayınca da savaşlar olmuş ve insanlık tarihi oluşmuştur.

İnsanlık tarihinin oluşumunu etkileyen temel unsur üretim olmuştur. Üretim anlamındaki İngilizce “*manufacture*” kelimesinin Latince kökenine bakılacak olursa, *manus* (el), *factus* (yapmak) anlamına gelmektedir. Bu iki kelimenin birleşimi ise “*made by hand*”, el yapımı üretimi ifade etmektedir (Groover, 2010). Modern üretim ise otomatik ve bilgisayar kontrollü yapılmaktadır.

Teknoloji, toplum ve üyelerinin ihtiyaçlarını veya isteklerini sağlamak üzere bilimin uygulama alanıdır ve günlük hayatımızı birçok şekilde doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Üretim, teknolojiyi mümkün kılan kritik unsurdur. Üretim tarihinde iki aşama bulunmaktadır; insanların malzemeleri ve işlem yöntemlerini bulması ile üretim sistemlerinin geliştirilmesidir.

Kullandığı eşyaların üretimine el yapımı ile başlayan insanlar, doğadan bulduğu malzemeler için üretim yöntemlerini geliştirmiş ve ardından el yapımı üretim yapan küçük imalathaneler doğmuştur. İlk endüstri devrimi (1760-1830) ile birlikte buhar gücü, (insan, su, hayvan, rüzgar vb) doğal güç kaynaklarının yerini almış, makineler de kullanılarak fabrikalarda daha fazla

Üretim yeteneğine erişilmiştir. İkinci endüstri devrimi ile kitlesel üretim başarılmış, bilimsel yöntemler üretime uygulanmış, üretim hatları kurulmuş ve fabrikalarda elektrik enerjisi kullanılmaya başlanmıştır. Bilimsel yönetimle birlikte hareket, zaman, standart, parça üretim hızı, bilgi kayıt ve analiz üzerinde gelişmeler sağlanmıştır. Bu şekilde ürün miktarı ve çeşidi artırılmış, üretimde bilgisayar kullanımı ile otomasyon gelişmiş, hata oranları minimize edilmiştir. Hammaddenin kimyasal ve fiziksel süreçlerle değiştirilerek bir ürüne dönüşümüne üretim denildiği gibi, ürünlerden yeni bir ürün elde edilmesi de üretimdir (Groover, 2010).

2.1.2. Yeni retim Yöntemlerinin Bulunması ve Gelişimi

Üretim, başlangıçta bir hammaddenin malzemesinden bağımsız olarak tabiattan temin edilip işlenmesi ve ürün elde edilinceye kadar olan ve Eksiltmeli (*Subtractive*) olarak da tanımlanan tüm işlemlerin bir bütünü ya da toplamı olarak tanımlanmaktadır. Hammadde tabiattan alındıktan sonra yığın, önce bir yarı ürün haline dönüştürülür, fiziksel ve/veya kimyasal işlemler uygulanarak nihai ürün elde edilir. Eski zamanlardan günümüze kadar döküm, mekanik şekil verme, kimyasal işlemler gibi materyalden çıkarımcı/eksiltici yöntemlerle gerçekleştirilen bu Eksiltmeli retim (*Subtractive Manufacturing*) halen kullanılmaktadır. Bu retim şekliyle önemli gelişmeler sağlanmış ancak kritik eşikleri, bir kısım sınırlamaları aşmak mümkün olmamıştır. Bu yöntemlerle karmaşık geometrik şekillerin üretimi çok zor ve maliyeti yüksek olmakta, ayrıca başta emek ve zaman olmak üzere kayıplar meydana gelmekte ve atık malzemeler oluşmaktadır. Bu sorunların çözümü için yapılan çalışmalar sonucunda yeni bir üretim şekli, Eklemeli retim doğmuştur (Jakus, 2019).

Eklemeli retim görerek inşa/imalat yöntemidir. Ana prensip tabakaları (katmanları) oluşturma ve onları birleştirmedir. Diğer değişkenler hız, tabaka kalınlığı, materyal bolluğu, doğruluk ve maliyettir. Bütün 3BB makineleri Bilgisayar Destekli Tasarım (*Computer Aided Design-CAD*) yazılımından gelecek bilgi ve talimata bağımlıdır. Ancak burada bir dipnot eklemekte fayda vardır, her ne kadar eklemeli üretim aslında görerek inşa yöntemi olsa da bilgisayar destekli yazılımlar sayesinde insan fiziki gördükleri dışında hayal ettiği nesneyi de bu yöntemle üretebilmektedir. Birçok retici 3BB makinesini son aşama ürün üretimi için kullanmaktadır. Buna Doğrudan Sayısal retim (*Direct Digital Manufacturing*) denilmektedir. Müşterinin işteğine ve fiyatına göre üretim yapma imkanı bulunmaktadır. Örneğin tıp alanında hastanın özel bilgilerine göre her medikal parça üretilabilmektedir. Özetle 3BB mevcut durumda bir niş

üretim yöntemidir. Seri üretim yöntemi olarak henüz değerlendirilmemektedir ki bu hususla ilgili ilerleyen bölümlerde gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

Üretimde kullanılan iki yöntem eksiltmeli (*subtractive*) ve eklemeli (*additive*)'dir (Groover, 2010). Modern üretim teknikleri ise 1960'lara kadar uzanmaktadır. CAD ile üretim süreci daha etkin olarak çok daha önce tamamlanmaya başlamıştır. Hızlı baskı/üretim ya da modelli baskılama (*Rapid Prototyping*), çok basit bir tanımla model, parça ve alet birleşiminden oluşan ve kısa zamanda tamamlanan bir üretim sürecidir, başlangıcı 1988'lere kadar uzanır.

Eklemeli Üretim, ürünlerin aşağıdan yukarıya doğru tabaka-tabaka, katman-katman istiflenerek üretilmesini sağlayan yöntemlerden oluşan bir teknolojidir. Bu üretim yönteminde CAD yani bilgisayarda hazırlanmış bir taslak çizim, birçok teknolojinin de işbirliğiyle bir robotik sistem yardımıyla üretilmektedir (Gibson ve diğ., 2015).

2.1.3. 3 Boyutlu Yazıcı Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

3BB, içinde bulunduğumuz çağ için en yaratıcı ve kapsamlı teknolojik gelişimlerden biri sayılmakta, her sektörden kullanıcılar için, “kendin yap” modeli tutkunu bireysel kullanıcılardan küçük işletme sahiplerine kadar, hayal gücünde gerçekleştirilen nesneleri fiziksel boyuta dönüştürme imkânı sağlamaktadır. Artık bir 3BB servisinden alınacak hizmet ile veya kişinin kendi başına kolaylıkla oluşturacağı bir 3BY ile istediği bir nesnenin kalıbını hazırlayıp üretime başlaması mümkün olmaktadır.

Günümüzde tüm evlere, ofislere ve işyerlerine giren ve hayatımızı oldukça kolaylaştıran 2 boyutlu lazer yazıcılar üç boyutluya evrilmiştir. Şimdilerde akıllı malzeme teknolojisi şeklinde sayılabilen 4 boyutlu yazıcıların gelişimine tanık olmaktadır. 3BY'ler artık iş dünyasının vazgeçilmez makinaları haline gelmiş ve kendi tasarımlarını gerçekleştirmek isteyen birçok bireyin evlerinin bir köşesinde de yerini almaya başlamış bulunmaktadır. Bugün gelinen noktada 3BB, Sanayi Devrimi'nde buhar makinesi ile endüstriyel yolculuğun günümüzdeki yeri olan Endüstri 4.0'ın temelinde yer alan teknolojilerden biri haline gelmiştir. 3BY uzay teknolojisinden otomotive, havacılıktan gıda sektörüne, konut inşaatından sağlığa kadar pek çok farklı sektörde bakış açımızı, hayallerimizi zorlayarak hayatımızı değiştirmeye, teknolojik gelişmemizi hızlandırmaya çalışmaktadır. Malzeme biliminin sınırlarını zorlayan kriyojenik teknolojide bile 3 boyutlu yazıcılar ile üretilmiş spesifik parçaların kullanımı söz konusu olmaktadır.

Daha önceki yazıcı sistemlerinden farklı olarak üretim esaslı olan 3BY'ler üretim tesislerinde bir nesneden başka bir nesneye dönüşüm aracı olan makina olarak adlandırılabilir. Üretim şekillerinden biri olan Eklemeli Üretim, 3BY sistemleri ile yapılmaktadır. Bu nedenle, bu yönteme çoğunlukla ve yaygın bir şekilde 3BB yöntemi de denilmektedir. Bu husus çok önemlidir, şöyle ki üretim yöntemi oluşturan ve buna kendi adını veren makine sayısı çok değildir.

3BB şu aşamalardan oluşmaktadır; tasarımların bilgisayar destekli boyutlandırma ve çizimlerinin yapılması, CAD dosyasının 3D Systems firması tarafından geliştirilen Standart Üçgen Dili (STL) uzantılı dosyaya dönüştürülmesi, STL dosyasının 3BY'ye iletilmesi, makine ayarlarının yapılması ve parametrelerin düzenlenmesi, baskı işleminin yapılması, ürünün/parçanın çıkarılması ve temizlenmesi, üretim sonrası işlemleri (ambalajlama, teslimat vb), ürünün/parçanın kullanılmasıdır (Edgar, 2015).

3BB birçok aşamalardan geçerek bugünlere gelmiştir. İlk girişimler 19'ncü yüzyılda olmuştur. Kökleri Topografi (Topography) ve Fotoheykelcilik (Photosculpturing) yöntemlerine dayanmakta ve bu alanlardan ilham alınarak geliştirilmiştir (Bharat &Matias, 2015).

1800'lerde ilk 3BB fikirleri ortaya atılmıştır. 1859'da Fransız fotoheykeltraş François Willeme tek seferde gerçeklik seviyesini arttırmak maksadıyla farklı yönlerden ve açılardan nesneleri fotoğraflamak için 24 kamera kullanarak dünyanın ilk "3B tarama" teknolojisini sergilemiştir ve 1892 yılında Joseph E. Blather, günümüzün 3BY çalışma prensibine yakın olan bir üretim bakış açısıyla katman katman üretim yöntemi kullanarak 3 boyutlu topoğrafik haritalar için patent almıştır (Bharat &Matias, 2015). Görüldüğü üzere insanlar üretim süreçlerinde her zaman doğaya daha doğrusu gördükleri gerçekliğe en yakın nesneleri ortaya çıkarmak için çaba sarf etmiştir. Uçakların tasarımının kuşların kanat yapısından, bir denizaltının gövdesinin köpekbalığından ilham alınması gibi 3BB teknolojisi de dünyamızın coğrafik yapısını gerçeğe en yakın hale getirip maketleme çabasından doğmuştur.

Beaman ve diğ. (2009), Munz'un 1951 yılında bugün Stereolitografi (SLA) yöntemi olarak bildiğimiz tekniğin başlangıç aşamasını geliştirdiğini belirtmiştir. Swainson 1968'de, plastik malzemeyi istenilen desene göre 2 lazer demeti ile polimerizasyon işlemine tabi tutarak 3 boyutlu olarak üretebilen bir makine yapmayı başarmıştır, 1971 yılına gelindiğinde ise Ciraud toz bazlı eklemeli üretim tekniğinin özelliklerini sergileyen yeni bir teknoloji geliştirmiştir

(Beaman ve diğ., 2009). Böylece Ciraud modern eklemeli üretim yönteminin mucidi olmuştur. Fakat prototipin üretilip üretilmediğine ilişkin dair bir bilgi bulunmamaktadır.

3BB'nın ilk ve gerçek doğuşu ise 1980'de olmuştur. İlk modern 3BB denemeleri yapılmaya başlanmış ve 1980 yılında Dr. Hideo Kodama tarafından Hızlı Prototip Üretim (Rapid Prototyping-RPM) adı verilen fotopolimer hızlı prototipleme sistemi için teknolojik ilk patent başvurusu yapılmıştır. 1981 yılında kendisi tarafından yapılan basın açıklamasına göre bu patent üretim sürecinde yer alan her katmanın sertleşmesi, üstüne diğer katmanın eklenmesi ve üretime devam edilebilmesi için UV ışığın gönderilmesini içermektedir (Gornett & Wohlers, 2015).

SLA tipi 3 boyutlu yazıcılar; UV ışınlarını üretim tablası üzerinde yer alan reçine üzerine gönderir ve onu sertleştirerek sıvı halden katı hale geçirir. 1984 yılında, fraktal geometri (doğanın geometrisi) üzerine çalışmalar yapan Fransız Jean Claude Andre de yine SLA tipi farklı bir 3BY için patent başvurusu yapmıştır. Çalışma alanına giren ve aklında oluşturduğu geometrik şekilleri fiziksel bir cisme dönüştürmeyi amaçlayarak 3BY üretimine yönelmiş ve 2 arkadaşıyla beraber 2 sene boyunca o zamana göre daha çok yeni ve uzak bir hayal olarak düşünülen bu teknoloji üzerine çalışmalarını sürdürdükten sonra patent başvurusunu yapmıştır. Fakat buluşu ve başvuruyu tamamlaması için mali finansman ve destek bulamayan Jean Claude Andre'nin patent başvurusu geçerli sayılmamıştır (Gaget, 2018).

Jean Claude Andre'den sadece 3 hafta sonra bir Amerikalı mühendis olan Chuck Hull benzer şekilde SLA tipi 3BY için patent başvurusunu yapmış ve patentini almıştır. Bu nedenle 3BY için resmi mucit Chuck Hull denilebilir (Gornett & Wohlers, 2015).

Charles Hull o zamanlar UV ışınları ile reçineyi sertleştirerek mobilya ve muhtelif eşyalar üzerinde kaplamalar yapan bir işletmede çalışırken yeni ürün tasarımlarının prototip üretimlerinin uzun zaman alması nedeniyle daha hızlı bir yöntem arayışına girmiştir. Çalışmaları sonrası sıvı haldeki fotopolimer reçinelerin üzerine UV ışınları gönderilerek katman katman sertleştirilmesine dayanan otonom kontrollü yeni bir sistem geliştirmiştir. Bu üretim yöntemi, günümüzde 3BB teknolojisinde yaygın bir biçimde kullanılan SLA teknolojisinin esas çalışma prensibinin temelidir. 1986'da Chuck Hull, SLA aparatlarını bulmuş ve bu teknolojilerin patentini almıştır. Bugün bilinen 3BB tekniği, lazerlerin moleküllerini birbirine seçerek bağlayan ve polimerlerin oluşturulmasını sağlayan işlem ile tasarımların

seçilen malzeme cinsine göre tabaka tabaka (katman katman) yükseltilerek bastırılmasını ifade eden yeni bir yöntemdir. SLA tipi 3BY’lerde, yazıcıdaki lazer ile kullanılan maddenin ince ve hassas işleme kabiliyeti sayesinde oldukça detaylı ve pürüzsüz ürünler ortaya çıkmaktadır. Hull, sonunda ilk ticari 3BB sistemi olan SLA-1’i (sonra SLA-250) tanıtan 3D Systems Corporation firmasını 1988 yılında kurmuştur.¹

Teknas niversitesi’nde ğrenci olan Carl Deckard, SLA’dan farklı yeni bir 3BB teknolojisi olan Selective Laser Sintering (SLS) teknolojisi üzerinde çalışmaya başlamıştır. Eğitimleri sonunda Deckard, SLS teknolojisini geliştirmiştir. Charles (Chuck) Hull’ın SLA patentini almasından bir yıl sonra, 1987’de Carl Deckard, Chuck Hull’ın UV ışınlarını kullanıp sıvı reçineyi katılaştırma işlemini yerine toz halde bulunan nesneyi bütün halde bir katı maddeye dönüştüren alternatif bir 3BB yöntemi olan SLS’yi bulmuştur (Duman & Kayacan, 2017).

Deckard’ın 3BB teknolojisine katkısı toz haldeki nesneyi katı olarak birbirine eklemek için bir lazer kullanmış olmasıydı. Bu yeni yöntem ile birlikte sıvı reçineye olan bağlılık ortadan kalkmaktadır. Toz haline getirilebilen ve lazerle ergimeye ve birbiri ile birleşme kabiliyeti olan her türlü malzemeyi üretime almayı esas almaktadır. SLS tipi 3 boyutlu yazıcılar SLA ile bazı benzerlikler göstermektedir. Her ikisi de malzemeyi lazer ışını ile katılaştırmaktadır. SLA da bu malzeme sıvı halde bir reçineyken SLS de ise plastik, porselen, metal vb toz malzeme olabilmektedir. Bir nesneyi sıvı reçine haline getirmeye kıyasla toz haline getirmek çok daha uygulanabilir bir yöntemdir.

Bu yöntemde makinenin içerisinde bir hazne içinde bulunan toz malzeme üzerine lazer ışını yönlendirilmekte ve toz malzeme eriyerek kaynaşmaktadır. Bu şekilde katı ilk katman ortaya çıkmaktadır. Makine bu katmanın üzerine tekrar ince bir tabaka toz sermekte ve lazer tekrar çalışmaya başlamaktadır. Bu şekilde hem ikinci katman oluşmuş hem de birinci ve ikinci katmanlar birbirine kaynaşmış olmaktadır. Bu şekilde tekrar ederek katmanlar halinde katı obje oluşturulmaktadır. Bu teknoloji, alternatif yazıcı teknolojilerine göre daha hızlı olması, büyük ebatlarda üretim yapımına uygunluğu, pürüzsüz baskılar yapılabilmesi, çok farklı malzemeleri işleyebilme kabiliyeti nedeniyle diğer yazıcılardan ayrılmakta ve endüstriyel alandaki profesyonel kişi ve firmalarca tercih edilmektedir. Deckard, SLS teknolojisinin patentini 1989 yılında almış ve bu teknolojinin lisansını 2001 yılında 3D Systems’e 45 milyon dolara satmıştır.

¹ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

SLS yazıcılar ancak 2006 yılında ticari hale gelmiş ve böylece üretimde yeni fırsatlar doğmuştur.²

SLA teknolojisinin ardından SLS ve Eriyik Yığılma Modelleme (*Fused Deposition Modelling - FDM*) teknolojilerine geçilmiştir. FDM teknolojisi SLA ve SLS yöntemlerinden esas olarak çok önemli bir noktada ayrılmaktadır. Burada haznedeki ürün UV ışınlarıyla katılaştırılarak veya lazer ışınlarıyla eritilerek oluşmamaktadır. Ürün hammaddesinden hazneye eritilerek akmakta ve şekillendirilmektedir.

FDM tekniğini Austin Teksas üniversitesinden S.Scott Crump 1988 yılında bulmuştur. FDM tekniğinin ortaya çıkış hikayesi bir baba kız ilişkisinden çıkmıştır. İki yaşındaki kızı için oyuncak bir kurbağa yapmak isteyen Scott Crump, plastik (polietilen) ve balmumu karışımı bir malzemeyi sıcak silikon (tutkal) tabancası kullanarak önce eritip ilk tabaka kuruduktan sonra katman katman yığılmayı dener (Yıldıztepe, 2022). Deneyinde geçen süreyi net olarak bilinmese de istediği şekli verebilmeyi ve bu şekli korumayı başardığı bilinmektedir.

Basit bir nesneyi sıcak plastik ile kendi dilediği şekilde üretme fikri ve bunu büyük bir makineye ve enerjiye bağlı olmadan yapabilmesi onu bu yöntemi geliştirme konusunda cesaretlendirir. Daha sonra bu yöntemi otomatik hale getirmenin ve malzemenin eritilerek birbiri üzerine yığılmış ince tabakalar oluşturarak nesneleri ortaya çıkarmanın bir yolunu düşünür ve bu otomasyonu sağlayacak bir makineyle daha hızlı üretim yapabileceğini fark eder. Bu üretim tekniği, bir plastik polimer olan filamentin şekil verilebilmesi için ince bir nozuldan ısı verilerek eritilmesi ve bir 3B nesnesi oluşturmak için hazneye katman katman dökülmesini ve her katmanın birbiri üzerine ince tabakalarla istenilen şekle göre yerleştirilmesini esas almaktadır.

Bu fikrin gelişiminden bir yıl sonra aynı teknik otomatik bir makine olarak tasarlanır ve bugün halen en yaygın 3BB teknolojilerinden olan FDM tekniği resmen icat edilir ve makine mühendisi Scott Crump 1989'da bu teknolojinin patentini alır. Daha sonra Crump, 1989 yılında 3BB pazarında bugün dünyanın en önde gelen firmalarından biri olan Stratasys şirketini kurmuştur (Yıldıztepe, 2022).

² <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

Şirketin piyasa değeri 2023 yılı Şubat ayı için 1 milyar dolar'dır. Şirketin kurulmasını müteakip 1992'de günümüzün son 3BB teknolojisi olan ve ticari anlamda satışa sunulan ilk 3BY FDM-3D'nin üretimine ve satışına başlamıştır. Bu yeni teknolojinin tohumu FDM-3D önceki teknoloji üretimi 3BY'lerden birçok konuda farklılık ihtiva etmektedir. Başta ana çalışma prensibi ve üretim tekniği olmak üzere hem materyal yapısı hem de kullandığı malzemelerin farklılığıyla diğer 3BY'lerden ayrılmaktadır.

FDM tipi 3BY'ler şekil verilebilen termoplastik filamentleri kullanmaktadır ve ABS, PLA, ASA, MPS, PA12, PETG ve daha birçok farklı hammaddeyi işleyebilme kabiliyetine sahiptir. Tabi burada bir konuya değinmekte fayda vardır. SLS teknolojisi de genel olarak toz haline getirilmiş birçok madde ile üretim yapılabilmesine olanak tanımaktadır ama bir nesneyi toz haline getirme işlemi bile başlı başına bir prostestir. FDM teknolojisinde ise ürün aslında hammaddenin kendisidir. Günümüz teknolojisi çeşitli filamentlerin üretilmesine olanak tanımaktadır. Ancak SLS veya SLA tekniklerinden önce eğer FDM tekniği bulunsaydı termoplastik filamentlere erişim şimdiki kadar kolay olmayacaktı ve belki de bu teknoloji üretim anlamında gerekli rağbeti görmeyecekti. Bu husus da “yeni teknoloji şansı” olarak adlandırılabilir. Bir fikir her ne kadar ortaya çıkarılmış olsa da buna imkan sağlayacak yan gelişimlerin de aynı zamanlarda erişilebilir olması çok önemlidir.

Filament konusuna tekrar değinecek olursak, genel adı filament olan ve makaralara sarılı olarak bulunan bu hammaddeler yazıcı tarafından yüksek sıcaklıklarda eritilerek bir tabla üzerine serilir ve soğuyarak veya soğutularak kendi kendine tekrar katı hale dönüşür. Tabla bir miktar aşağıya iner veya nozul yukarı çıkar ve aynı işlem tekrarlanır. Üretim işlemleri sonucunda katmanlar halinde plastikten bir katı nesne oluşur.

FDM yöntemi görüldüğü üzere bir devrim niteliğinde her alana hızla yayılmıştır. Her ne kadar günümüzde tıp alanında çok fazla 3BB uygulaması olsa da 3BB teknolojisinin tıptaki yeri olan biyobaskının tıpta ilk defa kullanılabilmesi ancak 20'nci yüzyıl sonlarında mümkün olabilmiş, güvenle ve başarıyla kullanımı ise 21'inci yüzyıl başlarında gerçekleşebilmiştir. Fikir olarak sonuçta bir makineye ihtiyaç duyulması ve 3BY'lerin ilk satış maliyet ve fiyatları nedeniyle bireysel kullanıcılara ulaşımı nispeten geç olmuştur.

Tüm üretim yöntemlerinde olduğu gibi teknolojik gelişimler 3BB teknolojisini de sürekli olarak değiştirmekte ve geliştirmektedir. Sonuçta her teknoloji birbiri ile ilişkili teknolojilerin gelişimi

ile sürekli yeni alanlar açmaktadır. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi, CAD yazılımları, diğer alanlarda özellikle tıp alanında lazer teknolojisinin gelişimi, baskı teknolojilerinin (*ink-jet*, *droplet printing* vb.) geliştirilmesi, endüstriyel üretim tesislerinde otomasyonda kullanılan PLC devre sistemlerinin geliştirilmesi, üretimde kullanılan hammadde ve malzemelerdeki gelişim, Bilgisayar Sayımlı Yönetim (*Computer Numerical Control*, CNC) sistemlerinin gelişimi ve dijital ortamda tasarlanan çizimlerin katman-katman ayrılması ve her katman özelinde düzenleme imkanı sağlayan yazılım sistemi olan STL dosya sisteminin geliştirilmesi, 3BB teknolojilerinin geliştirilmesinde önemli katkılarda bulunmuştur (Gibson ve diğ., 2015; Holbrook, 2014).

Başlangıçta 3BB teknolojisinin gelişimi kolay olmasa da, bugün AR-GE çalışmaları, firmaların cesur yatırımlarıyla sadece sanayii içinde değil dışında da tasarımcılar ve sanatçılar arasında ilgi görmüş, toplum içinde de yayılmaya başlamıştır. Holbrook (2014) tarafından aktarılan bilgiye göre 2012 yılında Ekonomist dergisindeki makalesinde, Paul Markillie, 3BY'lar ve ilgili teknolojileri 3'üncü Endüstri Devrimi olarak nitelendirmiş, kütlelerle üretimden kişisel üretime doğru giden bir eğilim olduğunu belirtmiş ve yeni üretim konseptinin kişisel ve sayısal üretimin bir kombinasyonu olduğunu ileri sürmüştür. Makerbot CEO'su Bre Pettis ise Ekim 2012 Wired Magazin dergisinde "Bu Makine Dünyayı Değiştirecek" başlığını atmıştır (Holbrook, 2014).

3BB teknolojisinin önemli fayda ve avantajları, kısa zamanda fiziksel olarak ürünü görebilme, tasarım hatalarını erkenden görüp giderebilme ve kütle üretim imkânıdır. Mühendislik için analiz ve planlamadaki faydaları ise; mukayese (estetik), akış analizi, rüzgar tüneli testleri, gerilim analizi, işlem planlama ve araç tasarımı ile MR görüntüleri birleştirebilmedir (Gornett & Wohlers, 2015; Groover, 2010).

2004 yılında İngiltere Bath Üniversitesi'nde öğretim görevlisi olan Adrian Bowyer, kendi bileşenlerinin çoğunu basabilen daha kısa bir tabirle kendini kopyalayabilen bir 3BY üretmeyi hedeflemiştir. Bu bakış açısıyla yola çıkarak ve açık kaynaklı bir proje olan devrim niteliğindeki RepRap projesini oluşturmuştur.³

³ <https://reprap.org/wiki/about>

Buradaki amaç, aynı doğum gibi kendini kopyalayabilen ve başka bir teknolojiye ihtiyaç duymayan 3BY'ler meydana getirmek ve 3BB teknolojisini tüm dünyadaki insanlara ulaştırarak yaygınlaştırmaktır.

Birkaç yıl sonra 2007 Mart ayında Darwin adlı ilk RepRap'ın tasarımı bitirilmiş ve ilk parçaları Stratasys Dimension yazıcısında basılmıştır. “Mendel”, “Prusa Mendel” ve “Huxley” gibi başka modeller onu izlemiştir. Proje tümüyle kopyalama ve evrime dayandığı için ilk RepRap yazıcılara ünlü evrimci biyologların isimleri verilmiştir. 2009 yazında RepRap Mendel tanıtılmıştır. 2010 yılında üretim ve satış başlamış ve 2011 yılında 100'ün üzerinde satış gerçekleşmiştir. Akabinde büyük firmalar tarafından (Rosswag, Essentium, Rolls-Royce, Cadillac, Exone, Saremco) üretimde kullanılmaya başlanmıştır.⁴

2008'de Hollanda'da kurulan ve diğer 3BY üretici firmaları aksine 3BB teknolojisini sadece hizmet vererek kullanan Shapeways, kullanıcıların kendi tasarımlarını, 3B çizimlerini ve bunları içeren dosyalarını göndermelerine ve firma bünyesinde basılıp kendilerine teslim edilmesine olanak vermiştir. Firma gelen talep karşısında hızla büyümüştür ve 2013 yılında 30 milyon dolar piyasa değerine ulaşmıştır.⁵

2009'da Kickstarter firması faaliyete başlamıştır. 3BB teknolojileri ile doğrudan ilgili olmasa da, yeni projelerin fonlanması amaçlı kurulan bu internet işletmesi çok sayıda 3BY için bir lansman, tanıtım ve para toplama platformu haline gelmiştir.

2009 yılında FDM teknolojisine ilişkin önemli bir patentin son bulmasını takiben Makerbot firmasının ortaya çıkışı 3BB teknolojisini bu alanda esas eğilim haline getirmeye başlamıştır. RepRap projesinin başarısının ve açtığı yeni yolun temelinde oluşturulan Makerbot, kendi 3BY veya 3BB ürünlerini oluşturmak isteyen tüm bireyler için açık kaynaklı “Kendin Üret veya Kendi Başına Yap” (*Do it yourself* - DIY) kitlerini piyasaya sürmüştür.

Şirket sadece kit üretimi ile kalmayıp Shapeways gibi kullanıcılar için Thingiverse isimli bir platform geliştirmiştir. Uygun yazılımlarla ve belirli standartlarla çizilmiş 3B yazdırılabilir dosyaları paylaşmalarına, satın almalarına ve indirmelerine olanak tanıyan bu çevrimiçi dosya kütüphanesi kısa zamanda büyük bir hedef kitleye ulaşmıştır (Eke, 2019). İlerleyen zamanda

⁴ <https://reprap.org/wiki/about>

⁵ <https://investors.shapeways.com/news-events/press-releases/detail/22/shapeways-announces-30m-round-led-by-andreessen-horowitz>

Thingiverse, içeriği ve kullanıcı sayısı bakımından bu alanda en büyük platform haline gelmiştir ve 2013 yılında Stratasys tarafından 403 milyon dolar karşılığında satın alınmıştır.⁶ Makerbot markası halen market yaşamını aynı isimle sürdürmektedir ve son teknoloji 3BY'lerin üretimine devam etmektedir.

2018 yılında artık küçük boyutlardan sıyrılmış neredeyse her sektöre ulaşmış bir 3BB teknolojisi karşımıza çıkmaktadır. NASA, SpaceX gibi uzay teknolojileri kullanan firmalar çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklara dayanabilen 3BB ürünlerini kullanmaktadır. Niş üretimin, kişiye özel malzemelerin en yoğun kullanıldığı tıp alanında parçalar biyolojik anlamda insan ve diğer canlılar ile uyumlu olacak şekilde biyobaskı olarak üretilmektedir. Kütlece ve boyutça büyük üretimin olduğu inşaat alanında bile 3BY'ler kullanılmaktadır. Sadece inşaat malzemesi değil bütünüyle bir inşaat 3BB teknolojisi ile yapılmaktadır. Artık evinizi, ofisinizi yazdırma tabiri henüz kullanılmamaktadır ama yakın gelecekte belki sözlüğümüze yeni bir tabir eklenebilir.

Buraya kadar belirtilenleri yöntemsel olarak özetleyecek olursak üç boyutlu yazıcılar şu teknolojileri sırasıyla izleyerek gelişme göstermiştir: SLA, FDM ve SLS yöntemidir. Malzeme Püskürtme (*Photopolymer Jetting* – Polyjet) yöntemi ise bu sıralamaya sonradan eklenmiştir.

Polyjet yönteminde sıvı fotopolimer reçine kullanılır ve UV (ultraviyole) ışınları ile katılaştırılır. Bu sistemde yüksek kalitede hızlı bir ürün elde edilebilmekte ve aynı anda farklı malzemeler kullanılabilir. Üretim mantığı olarak SLA'ya benzemektedir (Özkan, 2019).

Görüldüğü üzere belirli bir evrimsel gelişimi izlemesi sonrası 3BB teknolojisi, üretim yöntemlerini değiştirmesi, kendi terminolojisini geliştirmesi, tüm dünyada her sektöre yayılması ve ulaşılabilir olması gibi sayılabilecek daha birçok nedenle 21. yüzyılın en önde gelen ve en devrimci teknolojilerinden biri haline gelmiştir. Profesyonel kullanıcılardan hobi kullanımına, bireylerden işletmelere, küçük ölçekten çok büyük boyutlara uzanan geniş bir yelpazeye hitap etmektedir. Aslında temelinde her insanın isteyebileceği bir olguya erişmemizi sağlamaktadır. Kendi sanal fikirlerimizi, hayal dünyamızda beliren nesneleri fiziksel nesnelere dönüştürme imkânı insanlık için henüz tam değeri anlaşılmamış bir teknolojik gelişimdir.

⁶ <https://investors.stratasys.com/news-events/press-releases/detail/19/stratasys-to-acquire-makerbot-merging-two-global-3d>

Artık bir 3B servisinden alınacak hizmet ile veya kişinin kendi başına oluşturacağı bir 3BY ile istediği bir nesnenin kalıbını hazırlayıp üretime başlaması mümkün olmaktadır.

2022 yılı itibariyle şu ana kadar 3BY’lerle yazılmış ilk otomobil, ilk insansız hava aracı, ilk deniz aracı gibi günlük hayatımız için çok önemli nesneler üretilmiştir. İlk ev yazdırılmıştır. Bunun yanında yedek parçalar, köprü, roket, protez ve organlar üretilmiştir. Daha birçok nesnenin üretimi artık 3BY ile yapılmaktadır. Malzeme yelpazesinde ulaşılan çeşitlilik üreticilere ve tasarımcılara daha fazla özgürlük olanağı sağlamakta ve 3BY giderek daha fazla projede önemli roller oynamaya başlamış bulunmaktadır. 3B yazıcı teknolojisi de her geçen gün gelişmekte, kendini yenilemektedir. Üretilen nesnelerin ısı, ışık, kimyasal ve elektromanyetik çevre faktörlerinden olumsuz etkilenmesini önlemek üzere akıllı hammaddeler üzerinde çalışmalar, kısaca 4B yazıcı AR-GE projeleri hızla devam etmektedir.

2.1.4. 3 Boyutlu Yazıcıların Kronolojik Gelişimi⁷

3BY için kronolojik gelişim Groover (2010), Eke (2019) ve birçok farklı kaynaktan teyit edilerek hazırlanmıştır.

1800; 1800’lerde ilk 3BB fikirleri ortaya atılmıştır.

1859; Fransız fotoheykeltraş François Willeme ilk “3B tarama” teknolojisini sergilemiştir.

1892; Mucit Joseph E. Blather, katmanlama yöntemi kullanarak 3 boyutlu topoğrafik haritalar oluşturma yöntemi için bir patent almıştır.

1951; Munz yeni bir teknik geliştirmiştir. Bugün SLA yöntemi olarak bildiğimiz tekniğin başlangıcı/atası sayılmaktadır.

1968; Swainson, aynı cins moleküllerden oluşan ancak farklı boyutlardaki ve ışığa duyarlı mikroskobik plastik malzemeyi istenilen desene göre 2 lazer biminin kesişme bölgesinde oluşan polimerizasyon işlemine tabi tutarak yeni bir nesneyi ortaya çıkarmayı başarmıştır.

⁷ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

1971; Ciraud toz bazlı yeni bir teknoloji geliştirmiştir. Bu teknoloji eklemeli üretim tekniğinin özelliklerini sergileyen bir teknolojiydi fakat prototipin üretilip üretilmediğine ilişkin dair bir bilgi bulunmamaktadır.

1979; R.F.Householder lazer ile sinterleme yöntemlerini kullanarak düzlemsel tabakalarda sıvıları katılaştırma yöntemini geliştirmiştir.

1980; 3BB'nin ilk ve gerçek doğuşu olmuştur. İlk modern 3BB denemeleri yapılmaya başlanmış ve Mayıs 1980'de otomobil tasarımcısı Dr. Hideo Kodama tarafından reçineyi hızla püskürterek şekil verme esasına dayanan fotopolimer hızlı prototipleme sistemi için teknolojik ilk patent başvurusu yapılmıştır.

1981; Japon mucit Dr. Hideo Kodoma, fotopolimerleri ve UV ışınlarını kullanan hızlı bir prototipleme sistemi geliştirmiş ve bu sisteme "*Rapid Prototyping*" adını vermiştir. Katmanlar halindeki bu üretim, SLA teknolojisine atılan ilk adım olmuş fakat patent alınamamıştır.

1983; SLA teknolojisi Charles Hull tarafından bulunmuştur.

1984; Fraktal geometri (doğanın geometrisi) üzerine çalışmalar yapan elektrokimya mühendisi Jean Claude Andre de SLA tipi bir 3 boyutlu yazıcı için patent başvurusu yapmıştır. Kaynak sorunları nedeniyle patent alamamıştır.

İlk 3BY, SLA teknolojisi kullanılarak Charles Hull tarafından geliştirilmiştir.

1986; Charles Hull, SLA teknolojisinin patentini almıştır akabinde SLA-1 tanıtılmıştır.

1987; Texas üniversitesi'nden Carl Deckard, gevşek tozu bir katıya dönüştüren alternatif bir 3BB yöntemi olan SLS'yi başarıyla tamamlamıştır ve ilk makinesine Betsy adını vermiştir.

1988; 3B yazıcılara ilişkin "3D Systems" adında ilk şirket Hull tarafından kurulmuştur.⁸

Aynı yıl SLS ve FDM teknolojileri bulunmuştur.

1989; Carl Deckard, SLS'nin patentini, S. Scott Crump ise FDM adı verilen birbirine eklemeli yeni bir üretim yöntemini icat edip patentini almışlardır. Stratasys isimli 3BY şirketi, FDM teknolojisinin mucidi Scott Crump tarafından kurulmuştur. Daha sonra FDM patenti önce

⁸ <https://www.3dsystems.com/our-story>

DTM'nin sonra onu satın alan Stratasys firmasının olmuştur. Hans Langer tarafından Almanya'da EOS GmbH firması kurulmuştur.

1990; 1990'lı yıllar 3BB pazarının oluşmaya başladığı yıllar olmuştur. 3BB teknolojileri yavaş yavaş yaygınlaşmaya başlamıştır.

Modelleme aşamaları için yeni CAD araçları daha verimli hale gelmiştir. CAD, ARGE, Seçici Lazer Ergitme (*Selective Laser Melting* - SLM), inkjet tekniklerinin gelişimi 3BB teknolojisine büyük katkı sağlamıştır. 90'lı yıllar 3BB teknolojilerinin tıbbi araştırmalarda kullanılmaya başlandığı ilk yıllar olmuştur.

MIT gibi önemli üniversitelerin ve sektördeki çeşitli firmaların yürüttüğü AR-GE çalışmalarıyla Inkjet, SLM gibi yeni sistemler ve teknolojiler geliştirilmiştir.

1992; İlk operasyonel FDM 3B yazıcısı Scott Crump tarafından yapıldı. Stratasys FDM patentini almıştır.

1993; 3BB ile ilk renkli baskılar yapılmıştır. Bu yeni teknoloji Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından 2 boyutlu yazıcılardaki inkjet teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş ve bu teknolojiye 3BB (*3 Dimensional Printing* - 3DP) adı verilmiştir.

1995; Z Corporation şirketi, MIT'ye lisans bedelini ödeyerek 3BB teknolojisini kullanmış ve 3BY satışına başlamıştır. 3BB teknolojisi mimari tasarım ve üretimde ilk defa kullanılmıştır.

1996; MIT'de 3BB teknolojileriyle bir Ayasofya modeli üretilmiştir.

1997; Arcam firması kurulmuştur.

1998; Object Geometries kurulmuştur.

1999; Wake Forest Yenileyici Tıp Enstitüsü tarafından geliştirilen teknoloji kullanılarak, laboratuarda oluşturulan bir idrar torbası ameliyatta hastaya başarılı bir şekilde nakledilmiştir. Böylece ilk defa 3BB organların tıp alanında kullanımı başlamıştır.

2000; MCP Technologies SLM teknolojisini tanıtmıştır. 3BB 2000'li yıllarda medyatik hale gelmiş, dikkatleri üzerine çekmiştir. 11 Aralık 2000'de 3BB teknolojileri kullanan biyo-yazıcılarla ilk insan böbreği başarıyla üretilmiştir.

2001; Carl Deckard, SLS teknolojisinin lisansını 3D Systems'e 45 milyon dolara satmıştır.

2002; Alman heykeltıraş Karin Sander, 3B tarama sistemi ve 3B yazıcı ile ilk defa insan figürlerinden oluşan heykeller üretmiştir (Walters & Thirkell, 2007).

2004; İngiltere'deki Bath üniversitesi'nde öğretim görevlisi olan Adrian Bowyer, kendini kopyalayan RepRap projesini oluşturmuştur.

2005; Bugünkü Colorjet'in öncüsü, yüksek çözünürlüğe sahip ilk yazıcı Spectrum Z510 üretilmiştir.

2006; SLS yazıcılar ticari hale gelmiş ve böylece üretimde yeni fırsatlar doğmuştur.

2007; Mart ayında "Darwin" isimli ilk RepRap 3BY'nin tasarımı yapılmıştır. Reprap ismi ile, yaz aylarında açık kaynak kodlu 3BY'ler piyasaya çıkmış böylece erişme, ulaşma ve onları geliştirme imkanı artmıştır.

2008; İlk kullanılabilir 3B baskılı protez bacak oluşturulmuş ve kullanılmıştır. Object Geometries şirketi, Connex500'ü geliştirmiştir. Bu ürün ile aynı anda farklı malzemeler kullanılarak 3 boyutlu ürün oluşturma imkânı bulunmuştur.

Hollanda'da 3BB hizmeti veren Shapeways firması kurulmuştur. RepRap gibi, Shapeways de 3BB'yi daha geniş bir kitleye tanıtmayı hedeflemiştir.

2009; RepRap projesi başarıyla sonuçlanmış ve set halinde ilk 3BY satışa çıkarılmıştır. 2009 yazında RepRap Mendel tanıtılmış ve masaüstü FDM yazıcılar yaygınlaşmaya başlamıştır.

Makerbot ve 3D Systems'in geliştirdiği Cubify gibi modeller ile ev tipi 3BY çoğalmış ve ardından özellikle Kickstarter.com üzerinden desteklenen ve geliştirilen bir çok yeni marka doğmuştur. Birçok yeni 3BY modelleri piyasaya çıkmıştır. RepRap projesi sayesinde pek çok kişi kendi masaüstü yazıcısını üretmeye başlamıştır.

2010; General Electrics (GE) bir uçak motorunun bazı parçalarını 3BB teknolojileriyle üretmiştir. Darwin 3BY'lerin üretim ve satışı başlamıştır.

2011; İngiltere'deki Southampton Üniversitesi mühendisleri dünyanın ilk insansız 3B baskılı uçağını tasarlayıp basmıştır. Kor Ecologic şirketi gövdesi 3BY ile basılmış prototip bir araba olan Urbee'yi sergilemiştir.

SOHO (Small Office, Home Office) ev tipi inkjet renkli yazıcı satışı başlamıştır.

2012; Object Geometries şirketi Stratasys ile birleşmiştir. Nike firması Amerikan futbolcuları için 3BY ile Vapor Laser Talon marka ilk futbol ayakkabısını üretmiştir (Balcıoğlu, 2014).

2013; Makerbot, 2013 Stratasys firması tarafından satın alınmıştır. IMakr Dünyanın en büyük 3BB mağazasını Londra'da açmıştır.

2014; 3BY ile ilk ev inşa edilmiş ve inşaat sektörü de böylece 3BB'ye başlamıştır. Tridi firması kurulmuş ve Kickstarter'ın çok desteklediği 3BY Micro üretilmiştir. Google, Carbon3D'ye 100 milyon dolar yatırım yapmıştır. Türkiye'de ilk 3BY Merkezi (FabLab), Kadir Has Üniversitesinde açılmıştır.

2015; Türkiye'de ticari olarak Minyatip 3B üretilmiştir.

2016; 3B biyoyazıcılarla ilk kez insan kulağı üretilmiştir.

2017; Kullanılan materyallerin dayanımı ve ısı katsayılarının yüksekliği nedeniyle seçici olan uzay ve havacılık sektörleri için 3BB teknolojisi anlamında hızlı bir yıl olmuştur. SpaceX, Falcon 9 roketinin ısı valfini tamamen 3BY'leri kullanarak üretmiş, GE uçak motorlarında kullanılan bazı yeni parçaları 3BB teknolojileriyle üretmeye başlamıştır. NASA, GE, SpaceX gibi büyük firmalar 3BB teknolojilerine büyük yatırımlar yapmaya başlamıştır.

2018; RepRap rüyasının başarısının üzerine oluşturulan Makerbot, çevrimiçi dosya kütüphanesi Thingiverse'yi de kurmuş ve açık kaynaklı "Kendi Başına Yap" kitlerinin satışıyla zirve yapmıştır. Bu yılın verilerine göre, dünyada 3BB pazarının büyüklüğü 14,5 milyar dolardan fazladır.

2021; 3BB teknolojisi her alanda yaygın bir şekilde kullanılmakta ve satışlar çok artmış bulunmaktadır. Türkiye'de ilk defa İBB konut inşaatında 3BB teknolojisini kullanmaya başlamıştır. Savunma sanayiinde kullanım yaygınlaşmaya devam etmiştir. ABD'de komple bir roketin üretimi 3BY ile yapılmış ve test atışları gerçekleştirilmiştir.

2.2.3 BOYUTLU YAZICI ÇEŞİTLERİ

2.2.1. Genel Yaklaşım

Jakus (2019), 3BB teknolojilerinde genel olarak üç yaklaşım bulunduğunu belirtmektedir: enerji tabanlı, yığma tabanlı ve enerji/yığma karışımı tabanlı yaklaşım. Ayrıca 3BB teknolojilerini kullanılan materyale göre de isimlendirmek mümkün olduğunu belirtmiştir; Metaller, Plastikler, Seramikler, Kompozitler, Biyolojikler.

Tıp alanındaki 3BB (Medikal 3BB) teknolojileri başka bir açıdan üç ayrı kategoride de sınıflandırılmaktadır: Geleneksel, Gelişmiş Biyomateryaller ve Biyobaskılama (Jakus, 2019).

2.2.2. Üretimde Kullanılan Materyal Cinslerine Göre 3 Boyutlu Yazıcı Türleri

Groover (2010) ise, 3BY'leri ve teknolojilerini üretimde kullandıkları materyallerin cinslerine göre dört kategoride sınıflandırmaktadır. Bu mühendislik materyalleri: Metaller, Seramikler, Polimerler ve Kompozitler'dir. Kağıt/karton da bu listeye eklenebilir.

Metaller, demir metaller ve demir olmayan metaller olarak ikiye ayrılır. Demir metaller dökme demir, çelik (molibden, manganez, krom, nikel) alaşımlardır. Demir olmayan metaller ise alüminyum, bakır, altın, magnezyum, nikel, gümüş, kalay, titanyum, çinko 'dur.

Seramikler kristal seramikler ve camlardır. Kil, kum, cam, alüminyum oksit, karbit ve nitrit'ten oluşmaktadır.

Polimerler karbon ve hidrojen, nitrojen, oksijen veya klor ile birleşimden oluşur. Polimerler de Termoplastikler, Termosetler ve Elastomerler olarak üçe ayrılırlar. Termoplastikler polietilen, polisitren, polivin klorit ve naylon'dan oluşur. Termoset Polimerler fenolik, amino reçineler ve epoksilerdir. Elastomerler ise doğal lastik, nopren, silikon ve poliüretan'dan oluşmaktadır.

Kompozitler ise Metal Matris Kompozitler, Seramik Matris Kompozitler ve Polimer Matris Kompozitler olarak üçe ayrılırlar.

Kükürtle işleyerek dayanıklı hale getirme işlemine *Vulcanization* denilmektedir ve 1839'da Charles Goodyear tarafından bulunmuş, doğal lastikler kullanılır hale getirilmiştir. 1830'da selüloz nitrat, 1900'de bakalit, 1927'de polivin klorit, 1930'da naylon, 1932'de polietilen kullanılmıştır (Groover, 2010).

Yapılan işlem türleri: Şekil verme, özellik değiştirme ve yüzey işlemedir. Şekil verme türleri ise sertleştirme, toz haline getirme, deforme etme ve materyal çıkarımından oluşmaktadır. Yüzey işlemede yüzey temizliği, yüzey düzeltme, kaplama, ince film, elektroliz, anotlama, boyama işlemleri yapılmaktadır. Normal ve geleneksel üretimde çok maksatlı ekipman, kısa zaman, yüksek etkinlik ve fazla miktar gibi özellik gerektiren üretimlerde ise özel maksatlı ekipmanlar kullanılmaktadır (Groover, 2010).

Yaygın olarak kullanılan filament plastikler şunlardır: PLA (Polylactic Acid), LAYWOO-D3, LAYBRICK, ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene), HIPS (High Impact Polystyrene), Naylon, PET (Polyethylene Terephthalate), PC (Polycarbonate), HDPE (High Density Polyethylene), PCL (Polycaprolactone), PVA (Polyvinyl Alcohol) (Ragan & Stultz, 2014).

Üretimde kullanılan bu ham maddenin cinsine göre 3BY'ler günlük hayatta hatta medyada Metal Yazıcı, Plastik Yazıcı, Seramik Yazıcı, Polimer Yazıcı, Kompozit Yazıcı, Karton/Kağıt Yazıcı olarak da isimlendirilmektedir.

2.2.3. Kullanıldığı Alana Göre 3 Boyutlu Yazıcı Türleri

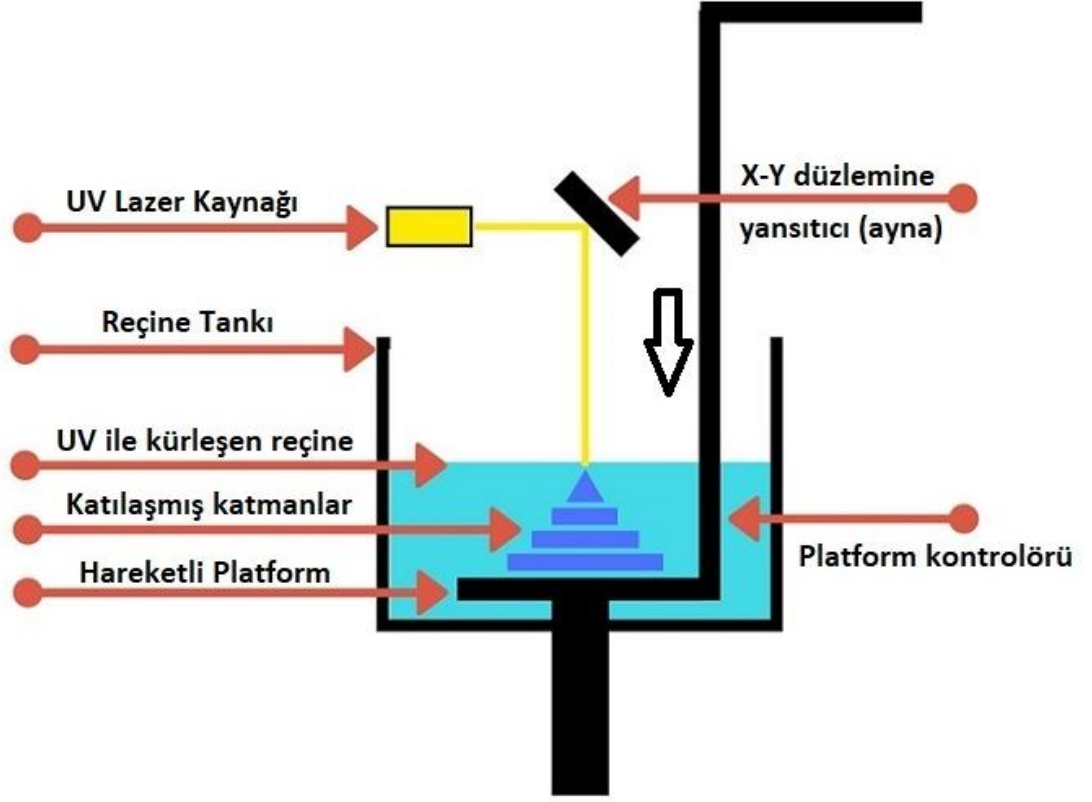
3BY'lerin sektörde kullanıldığı alana göre de isimlendirildiği medyada görülmektedir. Ancak yapılan literatür taramasında özellikle üretici firmaların internet sitelerinde, Endüstriyel Yazıcı, Biyo-yazıcı, Gıda Yazıcı ve Masaüstü (Amatör) Yazıcı kullanımlarının çok yaygın olduğu görülmüştür. Bununla beraber örneğin otomotiv sektöründe kullanılan bir 3BY için Otomotiv Yazıcısı, inşaat sektöründe kullanılan için İnşaat Yazıcısı, topoğrafyada Topoğrafik Yazıcı, mimarlıkta Mimar Yazıcısı gibi kullanımların da olduğu görülmüştür.

2.2.4. Farklı Baskılama Yöntemlerine Göre 3 Boyutlu Yazıcı Türleri

Baskılama yöntemlerine göre çeşitli sınıflandırmalar yapılmış olsa da genel itibari ile birbirlerine benzer şekilde ayırım yapılmıştır. Baskılama sırasında kullanılan materyal cinsi, materyalin kullanılma yönü, biçimi ve şekli, sertleştirme, ergitme gibi yöntemlerin farklılığı gibi birçok parametre bu sınıflandırmaya esas olabilmektedir.

Bu bölümde sırayla farklı baskılama yöntemlerine göre 3 Boyutlu Yazıcıların türleri verilmiştir (Deutsch, 2014).

2.2.4.1. SLA Yazıcılar



Şekil 2.1: SLA yazıcılar.⁹

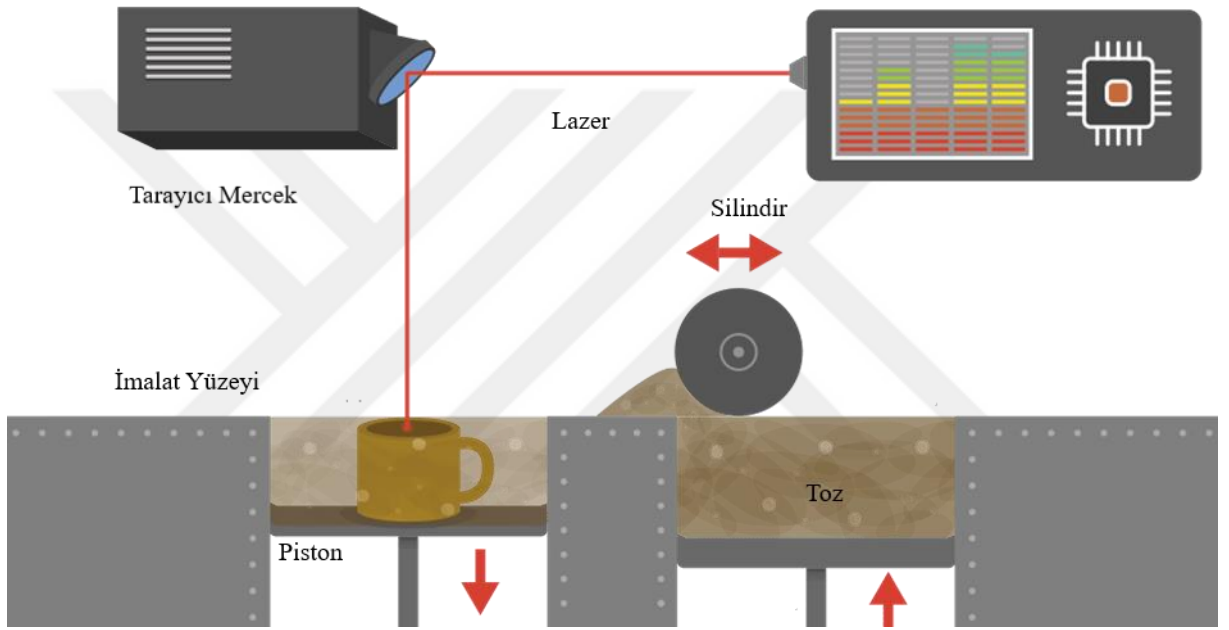
SLA, yaygın olarak ilk 3BB işlemi olarak kabul edilmektedir. SLA, çok hassas parçalar üretmek için lazerle reaksiyona giren ve çok hassas şekilde bir katı oluşturmak üzere kürlenmiş fotopolimer reçinelerle çalışan lazer bazlı bir işlemdir. Bu karmaşık bir işlemdir, ancak basitçe söylemek gerekirse, fotopolimer reçine, içinde hareketli bir platform bulunan bir teknede tutulur. Makineye sağlanan 3B verilere (STL dosyası) göre reçinenin yüzeyi boyunca XY eksenlerinde bir lazer ışını yönlendirilir, bu sayede reçine, lazerin yüzeye çarptığı yerde tam olarak sertleşir. Katman tamamlandıktan sonra, tekne içindeki platform bir kısım (Z ekseninde) aşağı iner ve sonraki katman lazer tarafından izlenir. Bu işlem, tüm nesne tamamlanana ve platform, çıkarmak için tekneden kaldırılincaya kadar devam eder.

SLA sürecinin doğası gereği, bazı parçalar için, özellikle çıkıntılı veya alttan kesmeli olanlar için destek yapıları gerektirir. Bu yapıların manuel olarak kaldırılması gerekir.

⁹ <https://www.otonomfabrika.com/katmanli-imalat-uretim-nedir/>

Diğer işlem sonrası adımlar açısından, SLA kullanılarak 3B yazdırılan birçok nesnenin temizlenmesi ve sertleştirilmesi gerekir. Sertleştirme işlemi, reçineyi tamamen sertleştirmek için parçayı fırın benzeri bir makinede yoğun ışığa maruz bırakmayı içerir. Genellikle mükemmel yüzey kalitesine sahip en doğru 3BB yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Ancak sınırlayıcı faktör ise üretim sonrası malzemelerin zamanla daha kırılgan hale gelebilmesidir.

2.2.4.2. SLS Yazıcılar



Şekil 2.2: SLS yazıcılar.¹⁰

Lazer sinterleme veya lazer eritme, toz malzemelerle çalışan lazer tabanlı 3BB sürecini ifade eder. Lazer, XY eksenlerinde makineye beslenen 3B verilere göre sıkıca sıkıştırılmış toz malzemeden oluşan bir toz yatağı boyunca izlenir. Lazer, toz haline getirilmiş malzemenin yüzeyi ile etkileşime girdiğinde, parçacıkları sinterler veya kaynaştırarak katı bir madde oluşturur. Her katman tamamlandığında, toz yatağı aşamalı olarak düşer ve bir silindir, sonraki katmanın oluşturulup önceki katmanla kaynaştırılması için lazerin bir sonraki geçişinden önce yatağın yüzeyi üzerinde tozu pürüzsüzleştirir.

Tercih edilen toz halindeki malzemenin erime noktasına özgü işlem sırasında kesin bir sıcaklığın muhafaza edilmesi gerektiğinden, yapım odası tamamen sızdırmaz hale getirilmiştir.

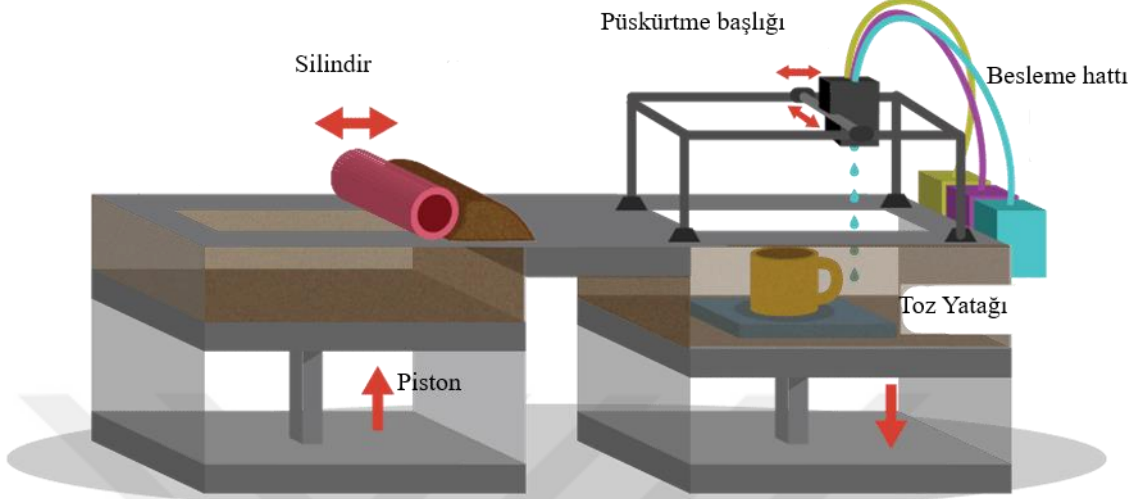
¹⁰ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

İşlem tamamlandıktan sonra, tüm toz yatağı makineden çıkarılır ve fazla toz, baskılı parçaları bırakmak için çıkarılabilir. Bu yöntemin en önemli avantajlarından biri, toz yatağının çıkıntılar ve alttan kesmeler için işlem içi destek yapısı görevi görmesi ve bu nedenle başka hiçbir şekilde üretilmeyen karmaşık şekillerin bu yöntemle mümkün olmasıdır.

Bununla birlikte, lazer sinterleme için gereken yüksek sıcaklıklar nedeniyle bu yöntemin olumsuz tarafı, soğutma sürelerinin uzamasıdır. Ayrıca, üretimin gözenekli olması bu süreçle ilgili tarihsel bir sorun olmuştur ve tamamen yoğun parçalara yönelik önemli gelişmeler olsa da, bazı uygulamalar hala mekanik özellikleri iyileştirmek için başka bir malzeme ile doldurmayı gerektirmektedir.

Lazer sinterleme, plastik ve metal malzemeleri işleyebilir, ancak metal sinterleme çok daha yüksek güçlü bir lazer ve daha yüksek işlem içi sıcaklıklar gerektirir. Bu yöntemle üretilen parçalar, SLA veya Sayısal Işık İşleme (*Digital Light Processing – DLP*)'den çok daha güçlüdür, ancak genellikle yüzey kalitesi ve doğruluğu o kadar iyi değildir.

2.2.4.3. Bağlayıcı Püskürtme Yazıcılar (Binder Jetting)



Şekil 2.3: Bağlayıcı püskürtme yazıcılar.¹¹

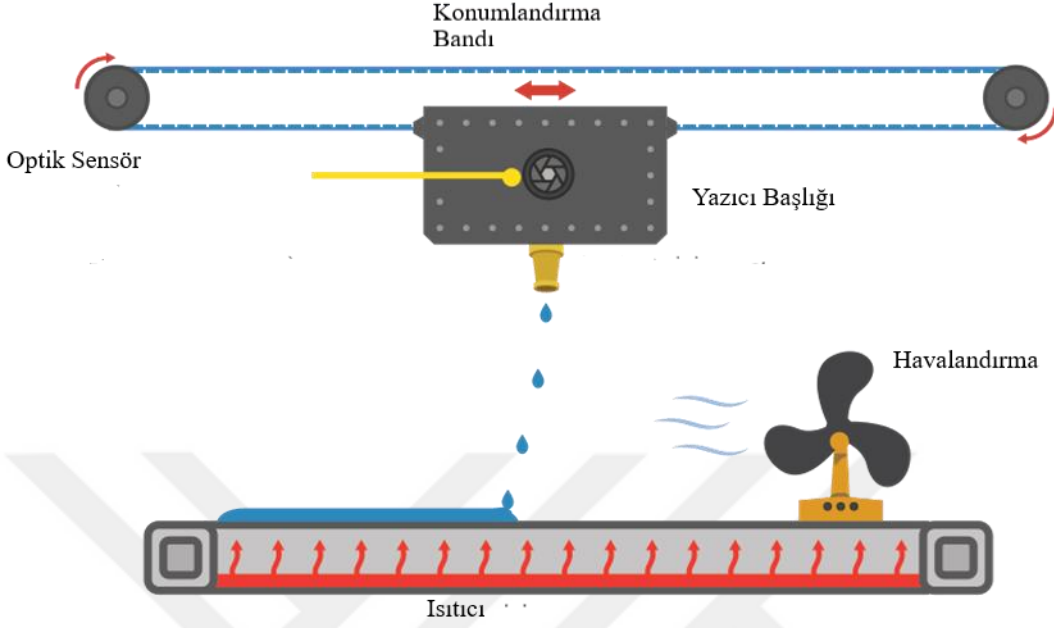
Bağlayıcı püskürtme, püskürtülen malzemenin bir bağlayıcı olduğu ve gerekli parçayı oluşturmak/baskı yapmak için bir seferde bir katmanı eritmek için parça malzemesinin bir toz yatağına seçici olarak püskürtüldüğü yöntemdir. Diğer toz yatağı sistemlerinde olduğu gibi, bir katman tamamlandığında, toz yatağı kademeli olarak düşer ve bir rulo veya bıçak, jet kafalarının bir sonraki geçişinden önce, bağlayıcı ile birlikte tozu yatağın yüzeyi üzerinde pürüzsüzleştirir. Sonraki katman oluşturulurken önceki katmanla birleştirilir.

SLS'de olduğu gibi bu işlemin avantajları arasında, toz yatağının kendisi bu işlevi sağladığı için ilave desteklere olan ihtiyacın ortadan kalkmasıdır. Ayrıca, seramik ve gıda dahil olmak üzere bir dizi farklı malzeme kullanılabilir. Bu yöntemin bir diğer ayırt edici avantajı, bağlayıcıya eklenebilecek tam bir renk paletini kolayca ekleyebilme yeteneğidir.

Bununla birlikte, doğrudan makineden çıkan parçalar sinterleme işlemindeki kadar güçlü değildir ve dayanıklılığı sağlamak için son bir işlem gerektirmektedir.

¹¹ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

2.2.4.4. Malzeme Püskürtme Yazıcılar



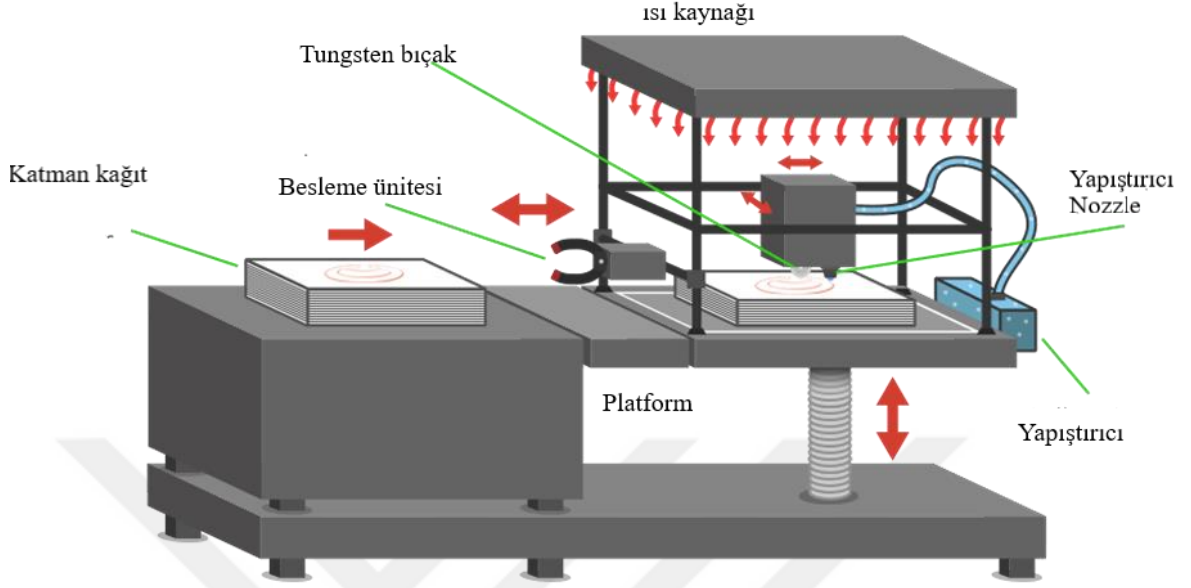
Şekil 2.4: Malzeme püskürtme yazıcılar.¹²

Malzeme püskürtme, gerçek yapı malzemelerinin (sıvı veya erimiş halde) birden fazla jet kafasından (diğerleri aynı anda destek malzemeleri püskürterek) seçici olarak püskürtüldüğü bir 3BB yöntemidir. Bununla birlikte, malzemeler, her katman biriktirilirken bir UV ışığı geçişi ile kürlenmiş sıvı fotopolimerler olma eğilimindedir.

Bu ürünün doğası, bir dizi malzemenin aynı anda biriktirilmesine izin verir; bu, tek bir parçanın farklı özellik ve özelliklere sahip birden fazla malzemeden üretilebileceği anlamına gelir. Malzeme püskürtme, çok düzgün bir yüzeyle doğru parçalar üreten çok hassas bir 3BB yöntemidir.

¹² <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

2.2.4.5. SDL Yazıcılar



Şekil 2.5: SDL yazıcılar.¹³

SDL, Mcor Technologies tarafından geliştirilen ve üretilen tescilli bir 3BB yöntemidir. Bu süreç, 1990'larda Helisys tarafından geliştirilen Lamine Nesne İmalatı (LOM) süreci ile karşılaştırıldığında, son kısmı oluşturmak için kağıdın katmanlanması ve şekillendirilmesindeki benzerlikler görülmekte ve tercih edilmektedir.

SDL yöntemi, standart fotokopi kağıdı kullanarak parçaları katman katman oluşturur. Her yeni katman, makineye sağlanan 3B verilere göre seçici olarak uygulanan bir yapıştırıcı kullanılarak önceki katmana sabitlenir. Bu yöntemde, parça haline gelecek alanda çok daha yüksek bir yoğunlukta yapıştırıcı birikmekte ve çevredeki alana, destek görevi görecektir, nispeten kolay ayıklama veya desteğin çıkarılmasını sağlayan çok daha düşük bir yoğunlukta yapıştırıcı uygulanmaktadır.

Yazıcıya yeni bir kağıt yaprağı beslendikten ve önceki katmana seçici olarak uygulanan yapıştırıcının üzerine yerleştirildikten sonra, baskı plakası bir ısı plakasına taşınır ve basınç uygulanır. Bu basınç, iki kağıt yaprağı arasında pozitif bir bağ sağlar. Daha sonra baskı plakası, ayarlanabilir bir tungsten karbür bıçağın bir seferde bir kağıt yaprağı kestiği ve parçanın kenarlarını oluşturmak için nesne ana hattını takip ettiği yapı yüksekliğine döner. Bu kesme

¹³ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

sırası tamamlandığında, 3BY, parça tamamlanana kadar sonraki yapışkan katmanını hazırlar ve işlem bu şekilde devam eder.

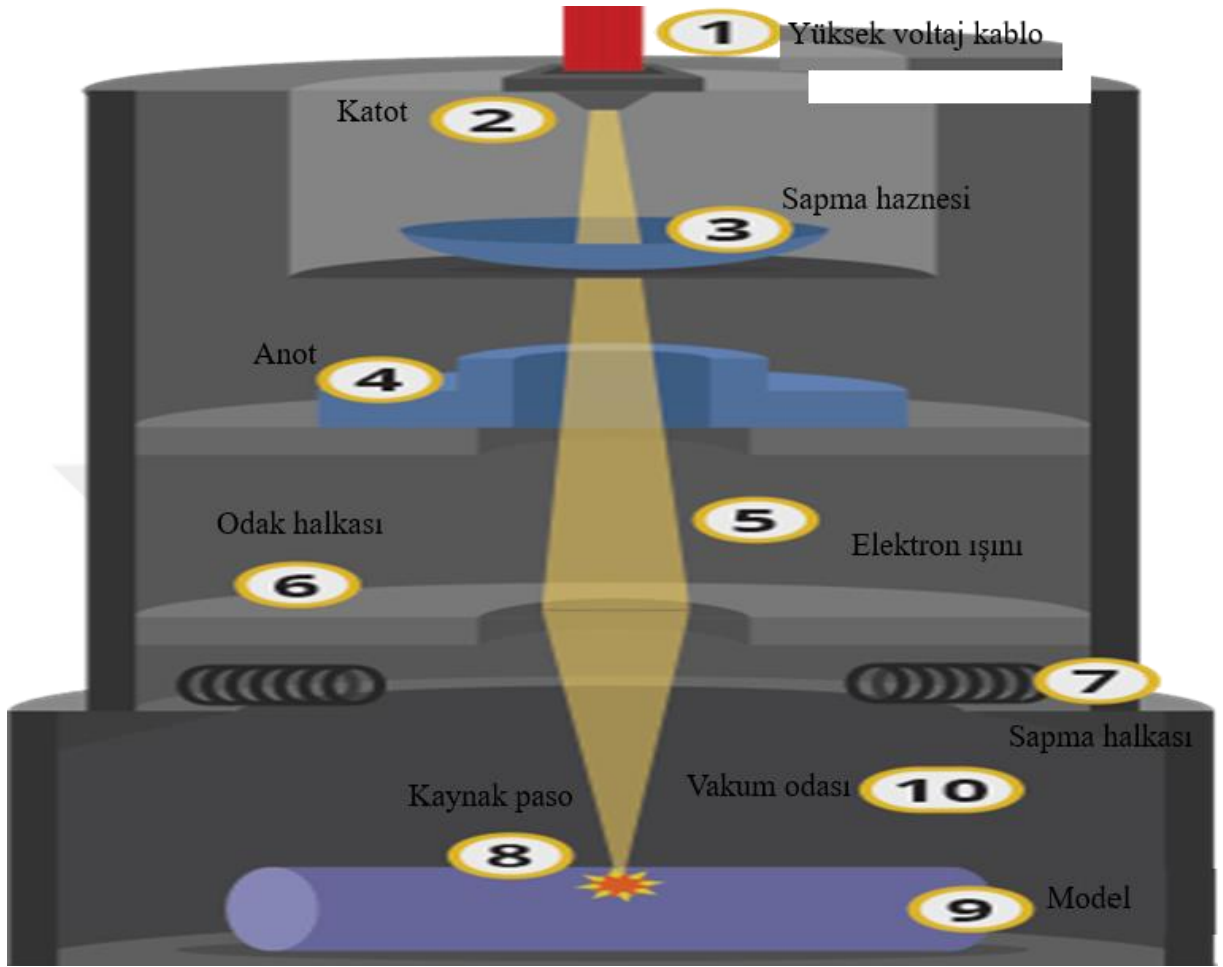


Şekil 2.6: SDL aşamaları.¹⁴

SDL, renk paleti kullanarak tam renkli 3B baskılı parçalar üretebilen çok az 3BB yönteminden biridir. Parçalar, sonradan işlem gerektirmeyen standart kağıt olduğundan, tamamen güvenli ve çevre dostudur. Sürecin diğer 3BB süreçleriyle olumlu bir şekilde rekabet edemediği durumlarda, karmaşık geometrilerin üretimi söz konusudur ve yapı boyutu, besleme stoğunun boyutuyla sınırlıdır.

¹⁴ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

2.2.4.6. EBM Yazıcılar



Şekil 2.7: EBM yazıcılar.¹⁵

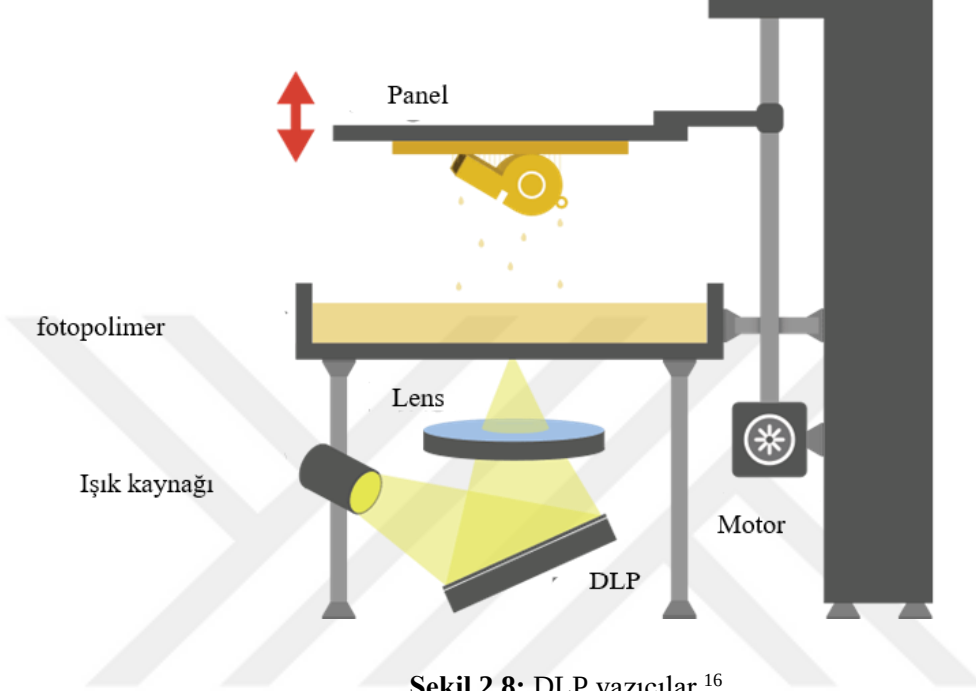
Elektron Işınım Eritme (*Electron Beam Melting* -EBM) tekniği, İsveçli şirket Arcam tarafından geliştirilen tescilli bir işlemdir. Bu metal baskı yöntemi, metal tozundan parça oluşumu açısından Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (DMLS) işlemine çok benzer. Temel fark, adından da anlaşılacağı gibi, bir lazer yerine bir elektron ışını olan ve prosedürün vakum koşulları altında yapılmasını gerektiren ısı kaynağıdır.

EBM, çeşitli metal alaşımlarında, hatta tıbbi dereceye kadar tam yoğun parçalar oluşturma yeteneğine sahiptir ve sonuç olarak teknik, tıp endüstrisinde, özellikle implantlar için bir dizi üretim uygulamasında özellikle başarılı olmuştur. Bununla birlikte, havacılık ve otomotiv gibi

¹⁵ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

diğer yüksek teknoloji sektörleri de üretimin yerine getirilmesi için EBM teknolojisi ile ilgilenmektedir.

2.2.4.7. DLP Yazıcılar

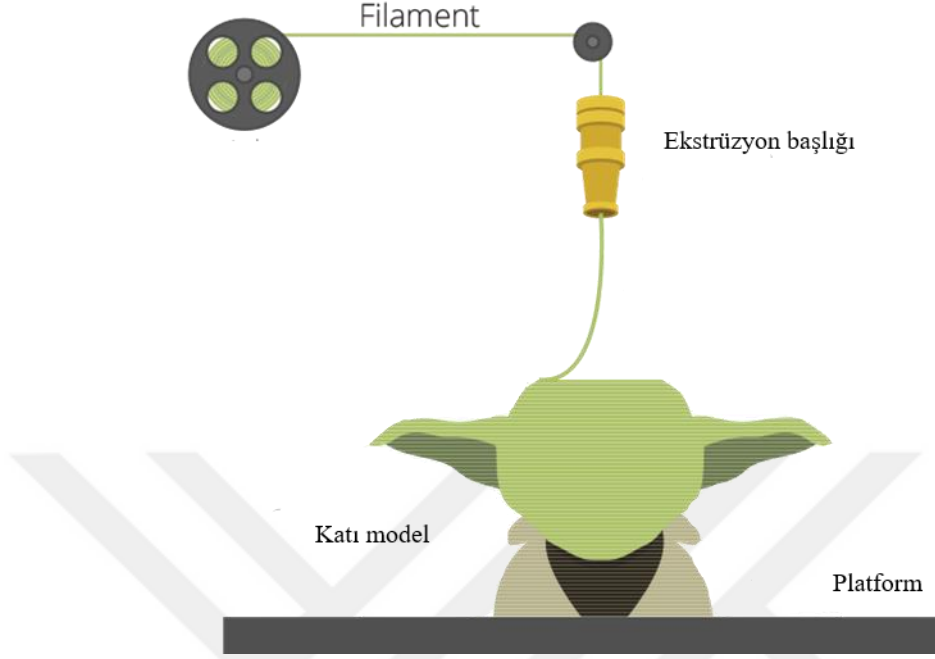


Şekil 2.8: DLP yazıcılar.¹⁶

Sayısal Işık İşleme (*Digital Light Processing* - DLP), fotopolimerlerle çalışan bir 3BB işlemi olması bakımından stereolitografiye benzer bir yöntemdir. En büyük fark ışık kaynağıdır. DLP, fotopolimer reçine teknesinin tüm yüzeyine tek bir geçişte uygulanan, sıvı kristal ekran panelli veya deforme olabilen bir ayna cihazlı (DMD) ark lambası gibi daha geleneksel bir ışık kaynağı kullanır, fakat SLA'dan daha hızlıdır.

¹⁶ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

2.2.4.8. FDM / FFF / Ekstrüzyon Yazıcılar



Şekil 2.9: FDM yazıcılar.¹⁷

Termoplastik malzemenin ekstrüzyonunu kullanan, kolaylıkla en yaygın ve tanınabilir 3BB işlemidir. Sürecin en popüler adı, uzun ömürlü olması nedeniyle FDM'dir, ancak bu, onu ilk geliştiren şirket olan Stratasys tarafından tescil edilmiş bir ticari addır. Stratasys'in FDM teknolojisi 1990'ların başından beri var ve bugün endüstriyel sınıf bir 3B baskı sürecidir. Bununla birlikte, 2009'dan beri ortaya çıkan giriş seviyesi 3BY'lerin çoğalması, büyük ölçüde, genellikle Serbest Biçimli İmalat (*Fused Filament Fabrication* - FFF) olarak adlandırılan, ancak hala Stratasys'e ait olan patentler nedeniyle daha basit bir biçimde benzer bir süreci kullanmaktadır. En eski RepRap makineleri ve sonraki tüm gelişmeler, açık kaynak ve ticari ekstrüzyon metodolojisini kullanır. Sistem, yazıcıya sağlanan 3B verilere göre, her seferinde bir katman olmak üzere, ısıtılmış bir ekstrüder aracılığıyla biriktirilen plastik filamanın eritilmesiyle çalışır. Her katman, çıktıkçe sertleşir ve bir önceki katmana yapışır.

Stratasys, FDM süreci için bazı üretim uygulamalarına uygun bir dizi tescilli endüstriyel sınıf malzeme geliştirmiştir. Pazarın giriş seviyesi sonunda, malzemeler daha sınırlıdır, ancak ürün

¹⁷ <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

yelpazesi büyükmektedir. Giriş seviyesi FFF 3BY'ler için en yaygın malzemeler ABS ve PLA'dır.

FDM/FFF süreçleri, girintili çıkıntılı geometrilere sahip tüm uygulamalar için destek yapıları gerektirir. FDM için b durumu, baskı tamamlandıktan sonra destek yapılarının nispeten kolayca yıkanmasına izin veren ikinci bir suda çözünür malzeme gerektirir. Alternatif olarak, parçadan manuel olarak koparılarak çıkarılabilen ayrılabilir destek malzemeleri de mümkündür. Destek yapıları veya bunların eksikliği, genellikle giriş seviyesi FFF 3B yazıcıların bir sınırlaması olmuştur. Bununla birlikte, bu sistemler çift ekstrüzyon kafalarını içerecek şekilde geliştikçe daha az sorun haline gelmiştir.

Üretilen modeller açısından, Stratasys'in FDM süreci, kapsamlı bir son işlem gerektirebilse de, nispeten ofis/stüdyo dostu olan doğru ve güvenilir bir süreçtir. Giriş seviyesinde, beklendiği gibi, FFF süreci çok daha az doğru modeller üretmekte ve sürekli gelişmektedir.

Bu yöntem bazı parça geometrileri için yavaş olabilir ve katmandan katmana yapışma bir sorun teşkil edebilir ve bu durum da parçaların su geçirmez olmamasına neden olabilir. Fakat, sonradan aseton kullanarak bu sorunlar çözülebilmektedir.

2.2.5. 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanımı

3BY'lerde yazılımların çok büyük önemi vardır. Yazılımlar olmadan neredeyse 3B yazıcıları kullanmak imkansızdır. 3B yazdırma (çıkıı alma, nesne üretme) işlemi ilk olarak Yazılım (Software) ile başlar. 3BY için kullanılan belli başlı programlar ise şu şekilde sıralanmıştır; AutoCAD 3D, Solidworks, Rhino, Slect UP, Blender.

3BY'de yazdırma işlemi kısaca şu aşamalardan geçer: bu programlarda hazırlanıp tasarlanan ürünler genellikle STL olarak kaydedilerek 3BY'ye veri olarak iletilir. Çizim hazır olduktan sonra malzeme (plastik, seramik, metal veya diğer ham madde) seçimi ve üretim tekniği belirlenerek, üretim gerçekleştirilir. Son aşamada ürün temizliği, kalite kontrol, ambalajlama ve teslimat yapılır.

3BY'lerin çalışma sistemini biraz daha açarsak 3B formatındaki programlarla hazırlanan dosyaların yazdırma komutuyla cihaz çalışmaya başlar. PLA adı verilen ısıyı görünce eriyen plastik malzeme bir nozuldan geçer ve yazıcının alt paneline akarak dosyadaki ölçümlere göre

yukarıya doğru katman katman bir duvar örer ve sonunda istenen şekle kavuşulur. PLA ham maddesinin dışında farklı malzemeden de 3 boyutlu şekiller elde edilebilir, fakat metal şekillerin üretim maliyeti oldukça yüksektir. Eğer bir firma yedek parçasını kendi üretecekse 3BY’ler lüks değil zorunlu ihtiyaç olabilir.

3BY’lerde genellikle plastik kökenli hammaddeler kullanılmaktadır. Masaüstü yazıcılarda yaygın olarak kullanılan hammaddeler ABS ve PLA hammaddeleridir. Ayrıca Reçine, Polyamid, Seramik, Titanyum vb. hammaddeleri kullanan profesyonel 3BY’ler de bulunmaktadır.

Günümüzde 3BY’ler makine, savunma sanayii, mühendislik, otomotiv, uzay havacılık, topografi, sağlık (tıp), arkeoloji, mimarlık, teknoloji, AR-GE, sanat, moda, oyuncak, turizm, eğlence, hediyelik eşya vb. daha pek çok alanda gerek son ürün gerek ise prototip amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Her teknolojik gelişme ilk zamanlarda çok pahalı ve lüks bir harcama gibi görülmektedir. Zamanla kullanımı artar, yaygınlaşır, fiyatı düşer ve ihtiyaç haline dönüşür. 3BY’ler ile 80’li yıllarda tanışılmış ve bilim adamları tarafından Endüstri 4.0 için çok büyük bir gelişme olarak nitelendirilmiştir. Yazıcıda SLA teknolojisi kullanılmasından birkaç yıl sonra bir şirket kurularak satışlara başlanmıştır. Farklı sistemler kullanılarak başka malzemelerden 3 boyutlu şekiller oluşturulmuştur. Türkiye’de de 3BY’ler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır ancak hammadde ithal edilmek zorunda olduğundan 3BY üretimi ile ilgili zorluklar devam etmektedir. 3BY kullanımının ülkemizde de yaygınlaşıp kullanılmasının ekonomiye ve kalkınmaya önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

2.3. 3 BOYUTLU YAZICILARIN KULLANILDIĞI SEKTÖRLER

Eklemeli üretim teknolojisinin belki de yeni 3BB teknolojileri ile birlikte gelecekte de çok önemli bir rol oynayacağına hiç kuşku yoktur. Günümüzde 3BY’ler sadece yazılım, uzay havacılık, otomotiv, tıp ve medikal dünyasında ticari ve endüstriyel alanlarda değil neredeyse tüm sektörlerde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

2.3.1. 3 Boyutlu Yazıcılar için Yazılım sektörü

3BY'lerin kullanımında birçok yazılım kullanılmaktadır. Bu yazılımlar üretilen nesneye, yere, alana, sektöre hatta kullanılacak ham materyale göre değişmekte ve doğal olarak farklılıklar göstermektedir. Çünkü üretim aşamaları, kimyasal reaksiyonlar, bekleme süreleri ve yapılacak işlemler çok değişkenlik göstermekte hatta özel girdiler gerekmektedir.

Piyasada birçok 3B CAD Model Tasarım Yazılımları bulunmakta ve satılmaktadır. CAD yardımıyla 3B Model çalışmalarında dört ayrı tür bulunmaktadır: katı/sert (solid), oymalı (sculpting), parametrik (parametric), çok köşeli (polygonal). Katı/Sert Model Yazılım Programlarından (*Solid Modeling Programs*) belli başlı olanlar arasında SolidWorks, Rhino, Sculptris, FreeCAD, 3DTin sayılabilir (Jordan & Weinoffer, 2014). Oymalı üretim için ZBrush, Sculptris, Mudbox programları; parametrik olanlar için Open SCAD, Marius Watz3 Model-Builder, Grasshopper; çok köşeli olanlar için Blender, 3Ds Max, Maya, Modo, Cubify Invent, Cubigy Sculpt, Trimble SketchUp programları kullanılmaktadır. Diğer bilinen 3D CAD Model Tasarım programları ise Windows, Mac OSX, Linux, Free GAD, Win/Mac, Fusion 360' dır (Griffin & Mets, 2014).

Model üretimi için ücretsiz 3B programları da mevcut bulunmaktadır. Bu yazılımların başlıcaları da şunlardır: Thingiverse, My Mini Factory, YouMagine, Cube Hero, Blender 3D Model Repository, Blend Swap, GrabCAD, Trimble 3D Warehouse, 3D Content Control, McMaster-Carr. 3B Kontrol programlarından çok bilinenler ise Repetier-Host, Printron/Pronterface, Maker Ware, Cura, ReplicatorG' dir (Jordan & Weinoffer, 2014).

STL dosya hazırlamak için SLic3r programı kullanılmaktadır. Tarama yapmak için Kinect, ReconstructMe, 123DCatch programları kullanılır. Temizleme ve Onarım için MeshMixer, netfabb, MeshLab, MeshMNet, Pleasant3D yazılım programları kullanılmaktadır (France, 2014; Weinoffer, 2014).

2.3.2. Kendi Kendine Mühendislik

3B teknolojilerindeki gelişmeler dünyayı öylesine etkilemeye başlamıştır ki, Kendi İşini Kendin Yap konseptinin de etkisiyle artık insanlar kendi üretimlerini evlerinde yapmaya başlamış ve bireysel üretimin keyfini yaşamaya başlamışlardır. Kişisel bilgisayar ve 3BY ile yapılacak basit bir üretimin temel donanım maliyeti yaklaşık 1000 dolar tutmaktadır. 3BY'ler

ve yazılımlar çok geliştiği için insanın evinde tek başına sadece basit nesneler değil, geliştireceği ürünlerin de üretimine, yeni tasarımlar yapabilmesine de imkan sağlamaktadır. Hatta kendi kendini üretebilecek 3BY'ler bile hazırlanmaktadır (Holbrook, 2014).

Yeni CAD 3B yazılımlar kişilerin kendi bilgisayarında tamamen kendi hayal ürünü olan çok farklı tasarımlar yapabilmesine ve çıktılar alabilmesine imkan tanımaktadır (Mack, 2014).

2.3.3. 3 Boyutlu Yazıcıların Uzay Havacılık, Otomotiv, Altyapı Alanında Kullanımı

General Electrics 2010'da bir uçak motorunun bazı parçalarını 3BB teknolojileriyle üretmiştir. Herkes 3BB teknolojisinin sadece küçük nesneler oluşturmakla ilgili olduğunu düşünürken 2011 yılında İngiltere'deki Southampton Üniversitesi'ndeki mühendisler dünyanın ilk insansız 3B baskılı uçaklarını tasarlayıp 3B olarak bastığında boyutsal sınırlamaların yakın zamanda değişeceği görülmüştür. Toplam maliyet 7.000 doların altında kalmıştır. Kor Ecologic şirketi de bu gelişmeler sonrası Kanada Winnipeg'deki TEDx konferansında gövdesi 3B olarak basılmış prototip bir araba olan Urbee'yi sergiledi.¹⁸ Böylece 3BB teknolojisi uçak ve otomotiv sektöründe de kullanılmaya başlanmış oldu.

2010 yılı itibari ile 3BY'ler, daha önce çekimser olarak yaklaşılan ve malzeme sınırlarının ve emniyet faktörlerinin en üst seviyede olduğu uzay ve havacılık alanlarına da girmeye başlamıştır. Örneğin, 2014 yılında NASA, uluslararası uzay istasyonuna bir 3BY götürmüştür. Burada amaç uzay istasyonundaki belirli işlemlerin dünyadan bağımsız yapılabilmesine imkan sağlamaktır. Yine aynı yıl içinde çeşitli şekerlemeler, çikolatalar ve hatta krepler yapabilen 3BY konseptleri ortaya çıkmıştır. 3BY ile yapılan ilk ev, inşaat sektöründe yaşanan önemli bir gelişme olarak öne çıkmıştır. Bu gelişimlerin yanı sıra gıda sektöründe başta diğer sektörlerle nazaran 3BY'lerin çok gerekli olduğu düşünülmesi de yenilebilir maddelerin kullanılmasıyla mutfaklarımıza da girmiştir.

3BY'leri yoğunlukla kullanan firmalar arasında GE / Morris Technologies, Airbus / EADS, Rolls-Royce, BAE Systems ve Boeing bulunmaktadır.¹⁹

¹⁸ https://www.ted.com/talks/larry_burns_the_future_of_cars?language=tr

¹⁹ <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/basics-of-3d-printing/3d-printing-processes/>

2017 yılında uzay ve havacılık alanlarında 3BB teknolojisi için önemli gelişmeler meydana geldi. Çok yüksek sıcaklıklara dayanması için tasarlanan bir ısı valfi tamamen 3BY'ler kullanılarak üretilirken GE, uçak motorlarında kullanılan belirli bazı parçaları 3BB baskı teknolojileriyle üretmeye başlamıştır. Bir valfin kullanılması başta küçük bir yatırım olarak gözüke de bu daha büyük parçaların 3BY'ler ile üretilmesinin önünü açmıştır. NASA, GE, SpaceX gibi alanlarında dünyanın en büyük firmaları, önümüzdeki yıllarda 3BB baskı teknolojilerinden birçok farklı projelerde yararlanmak için büyük yatırımlar yapmaya devam etmektedirler. Bu firmalar vizyon ve hedef açıklamalarında 3BY'lerin kullanımını arttırmayı ve 3BB teknolojisini daha etkin kullanmayı hedeflediklerini belirtmektedirler.

Şu ana kadar 3BY'lerle ilk otomobil, şanzıman ve kaporta gibi otomobil parçaları, ilk insansız hava aracı (İHA), insansız deniz aracı (İDA), küçük tekne, yelkenli, yat, ilk ev ve köprü üretildi. Malzeme yelpazesinde ulaşılan çeşitlilik üreticilere ve tasarımcılara daha fazla özgürlük olanağı sağlayan 3BY'ler giderek daha fazla projede önemli rollerde konumlanıyor.

2.3.4. 3 Boyutlu Yazıcıların Tıp Alanında Kullanımı

90'lı yıllar, 3BB teknolojilerinin tıbbi araştırmalarda kullanılmaya başlandığı ilk yıllar olmuştur.

3BY'ler diş kronlarının sonraki metal dökümü için kalıplar yapmak ve diş plaklarını yapmak için plastiğin vakumla şekillendirildiği aletlerin imalatında da kullanılmaktadır. Kalça ve diz implantları, işitme cihazları, ayakkabılar için ortez tabanlık, kişiselleştirilmiş protezler ve hastalıklardan muzdarip hastalar için tek seferlik implantlar gibi hastaya özel ısmarlama ürünler üretmek için doğrudan yararlanılmaktadır. Kaza ve travma mağdurları ile birlikte osteoartrit, osteoporoz ve kanser gibi. Belirli operasyonlar için 3B baskılı cerrahi kılavuzlar, cerrahlara işlerinde ve hastalara iyileşmelerinde yardımcı olan yeni ortaya çıkan bir uygulamadır. 3BB teknolojisi aynı zamanda deri, kemik, doku, ilaç ve hatta insan organlarının imalatı için de geliştirilmiştir.

Tıp alanında 3BB teknolojisinin ilk kullanılışı ancak 20'nci yüzyılın sonunda gerçekleşmiştir. 1999 yılında Anthony Atala, biyobaskı yöntemini kullanan bir 3BY ile idrar torbasının esas bölümünü oluşturmuştur. Daha sonra bunun üzerine gerçek idrar torbası hücreleri eklenmiştir. Bu idrar torbası hastaya başarılı bir şekilde nakledilmiştir ve tüm organ olmasa dahi ameliyatta ilk defa 3B baskılı bir parçanın organ olarak kullanımı açısından ilk olmuştur. Ameliyat başarılı

geçmiş ve vücudun organı reddetme durumu oluşmamıştır. Daha sonra birçok kemirgen üzerinde yapay organ denemeleri yapılmıştır.²⁰

2008 yılında 3BY kullanılarak 3B baskılı ilk protez bacak oluşturulmuştur. Basılan bu protez bacak hiçbir sıkıntı çıkarmadan kullanılmaya başlanmıştır. Organ nakli gibi bir ameliyat gerektirmediği için daha az komplike bir yapıya sahip protez bacaklar, kollar ve el gibi uzuv organlar 3BB teknolojisi ile istenilen ölçü, şekil ve materyalden hızlıca basılabilmektedir. Bu anlamda 3BB teknolojisi insanlık için tıp alanında ne kadar önemli olduğunu göstermiştir.²¹

Bugün, dünyanın her yerinde bir çok 3B baskılı medikal protez çok daha ucuz ve hızlı bir şekilde oluşturulmakta ve kullanılmaktadır.

Her ne kadar öncesinde birçok kemirgen üzerinde denenmiş olsa da 2016 yılında 3BY'lerle ilk kez insan kulağı üretilmiştir. Bu organ canlı yaşayan dokulardan meydana gelmektedir. Bu anlamda, 3BB teknolojisi insanın kendi vücudunu kopyalayabilme, yaşayan bir doku ortaya çıkarabilme anlamında hayalinin gerçekleşmesi için çok önemlidir. Sadece kıkırdak doku değil bu gelişme kemik, kas gibi tüm dokular için geçerli olmaktadır. Bu nedenle 3BB teknolojinin potansiyeli, insanlık tarihindeki yeri ve geleceğinin önemi hakkında büyük anlamlar taşıyan bir gelişme olmuştur. Zaten günümüzde organ, uzuv ve protez yapımı gibi konularda devam eden pek çok araştırmada 3BY'lerin etkisi giderek artmaktadır. 11 Aralık 2000'de 3BB teknolojileri kullanan biyo-yazıcılarla başarılı ilk insan böbreği üretimi gerçekleştirilmiştir. ABD Kuzey Karolina'daki Wake Forest Üniversitesi Yeniden Oluşturma Tıp Enstitüsünde böbrek, kartal gagası ve kol yeniden üretilmiştir (Chu ve diğ., 2014).

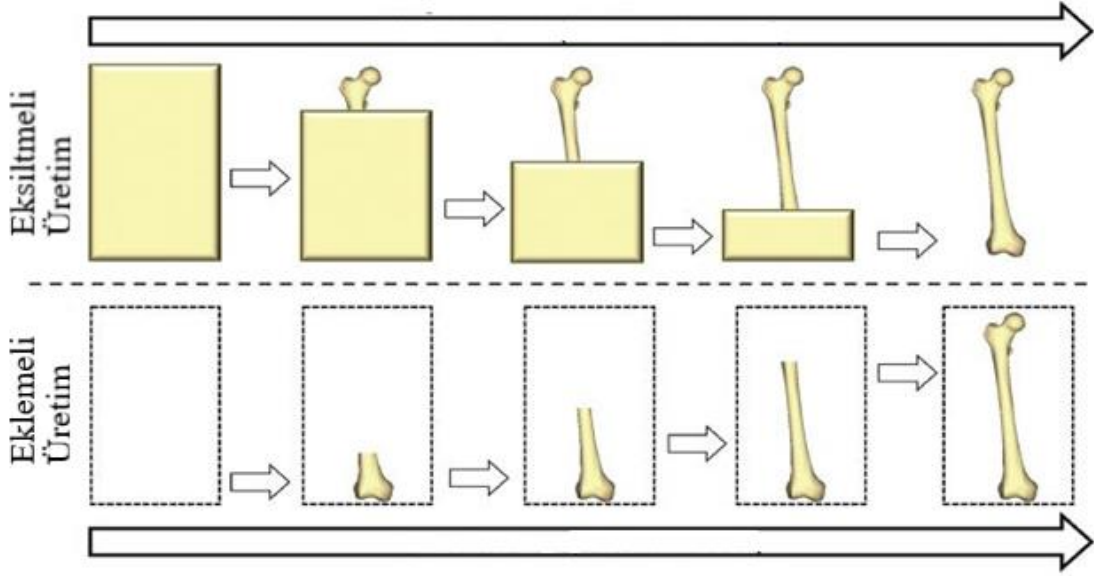
3BB'nin gelecekte de tıpta önemli bir rol oynayacağından hiç kuşku yoktur. Halen medikal dünyasında ticari ve endüstriyel olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kas, doku, kemik ve organlardan cerrahi araç-gereç-alet ve modellere kadar birçok ürün metal ve plastikten ya da türevlerinden üretilmiştir. Artık 3BB teknolojisi ile çok geniş bir alanda fonksiyonel biyomateryaller özellikle basit ve karmaşık doku ve organların üretimi için kullanılacaktır. Hiperelastik kemik (Hyperelastic Bone, HB) ve 3B-Grafen (3D-Graphen, 3DG) 3B-İnkjet

²⁰ https://www.ted.com/talks/anthony_atala_printing_a_human_kidney?language=tr

²¹ <https://ethanolproducer.com/app/webroot/pagefiles/subscribe/od5lrqix/page.php?tag=first-3d-printed-prosthetic-leg-2008>

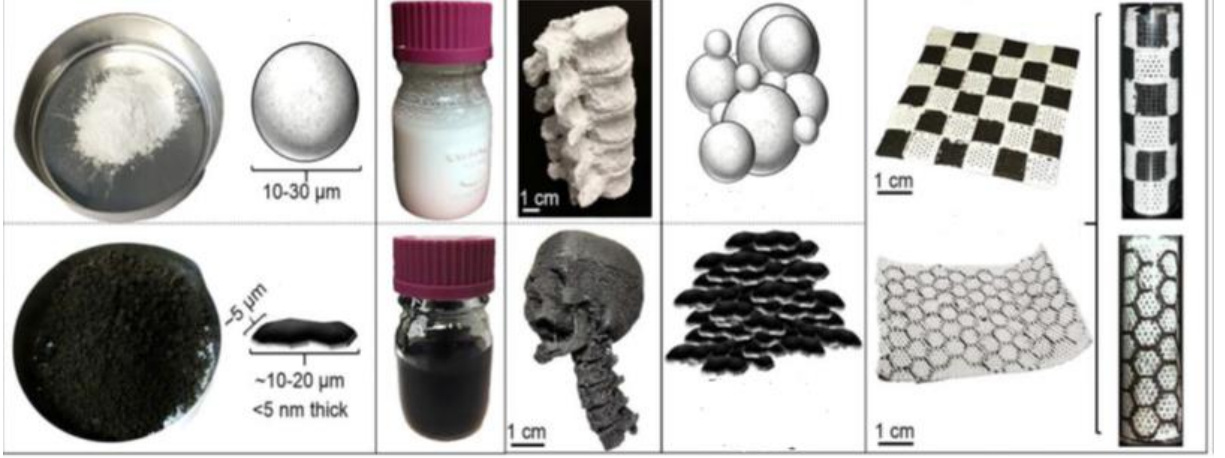
sistemi ile üretilmektedir. Bu sistem üç ana bileşenden oluşmaktadır; Biyomedikal (Biomedical elastomeric polymer, PLGA), Trisolvent karışımı ve parçacık/tanecik/tozlar (Jakus, 2019).

Eksiltmeli ve Eklemeli Üretim Yöntemleri ile bir kemik üretimi aşamaları Şekil 2.10'da görüldüğü gibidir.



Şekil 2.10: Eksiltmeli ve eklemeli üretim yöntemlerinin aşamaları (Jakus, 2019).

Geleneksel 3BB ötesinde yer alan gelişmiş baskılama teknolojisinde artık biyofonksiyonel doku mühendisliği kullanılarak canlı hücrelerden böbrek yapılabilmektedir. İki yeni geliştirilen ostejenik ve nörojenik biyomateryaller: Hiperelastik kemik (Hyperelastic Bone, HB) ve 3B-Grafen (3D-Graphen, 3DG)'dir (Jakus & Shah, 2017).



Şekil 2.11: Hiperelastik kemik, 3B grafen mürekkep ve toz içeriği (Jakus, 2019).

2.3.5. 3 Boyutlu Yazıcıların Fizik, Kimya, Enerji, Robotik Alanlarında Kullanımı

Fizik-Kimya laboratuvarı ekipmanları, test aletleri de 3BY ile kaliteli bir şekilde yapılabilmektedir. Özel Led lambalar, enerji sektöründe kullanılan alet-gereç, ekipman ve parçalar da 3BY ile yapılabilmektedir. Elektrik enerjisi elde etmek üzere kum ve güneş enerjisi panel seti de artık 3BY ile üretilebilmektedir (Kiniry, 2014; France, 2014).

Akıllı evler, ev aletleri, akıllı nesneler ve robotlar gibi ürünlerde de 3BY'ler kullanılmaya ve yaygınlaşmaya başlamıştır ve hızlı bir şekilde insansı robotlar artık yapılabilmektedir (Overstreet, 2014). Son zamanlarda Kore'de insansı robotların seri üretimine başlanıldığı haberleri de medyada yer almaktadır.

2.3.6. 3 Boyutlu Yazıcıların Muhtelif Alanlarda Kullanımı

3BY'ler her alanda kullanıldığı gibi günlük hayatımızda, hediyelik eşyada, gündelik araç gereç gibi pratik nesnelerin üretiminde de çok kullanılmaktadır. Örneğin; gıda, mimarlık, model, kitap, medya, güzel sanatlar, sinema, çevre tasarımı, klipsler, braketler, kalem tutucular, kutu klipsleri, kutu içecek kapak açıcıları, araba bagajı, kapak, kapı ve cam kolları, tutamaklar, lamba yuvaları, dondurma yapım aparatı, kapı zili yuvaları, ayakkabı, oyuncak, animasyon film, gözlük, optik, cep telefon kılıfları vb. bir çok nesnenin üretiminde 3BB kullanılmaktadır (Chu ve diğ., 2014).

3BB çoğunlukla plastik ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Eksiltmeli 3B üretim tekniği ise model ağaç, ahşap, deri çalışmalarında kullanılmaktadır (Owad, 2014).

Özel baskı kitaplar, sanatsal çıktılar, giysiler, gelinlikler, dalga gibi kabartma şekiller, gravürler, çeşitli dekorasyon, özel oda ve duvar tasarımları, özel tasarım formlar 3B yazıcılar ile çok kolay yapılabilmektedir (Chu ve diğ., 2014).

Sanatçılar ve Heykeltıraşlar, daha önce imkansız olan şekillerde form ve işlevi keşfetmek için sayısız farklı yolla 3BB ile yakından ilgilenmektedirler. İster sadece yeni orijinal ifadeler bulmak, ister eski ustalardan öğrenmek için olsun, sanat dünyası, 3BB ile çalışmanın yeni yollarını giderek daha fazla bulan ve sonuçları dünyaya sunan oldukça yoğun bir sektördür. 3B modelleme, 3B tarama ve 3BB teknolojileri ile özel olarak çalışarak isim yapmış çok sayıda sanatçı vardır. 3B tarama disiplini, 3BB ile birlikte sanat dünyasına yeni bir boyut getirmektedir. Sanatçılar ve öğrenciler artık geçmiş ustaların eserlerini yeniden üretme ve eski eserlerin tam kopyalarını yaratma konusunda kanıtlanmış bir metodolojiye sahip bulunmaktadır (Walters & Thirkel, 2007).

Mimari modeller, bir mimarın vizyonunun doğru gösterim modellerini üretmek için uzun süredir 3BB süreçlerinin temel bir uygulaması olmuştur. 3BB, doğrudan 3D CAD, BIM veya mimarların kullandığı diğer dijital verilerden ayrıntılı modeller üretmek için nispeten hızlı, kolay ve ekonomik olarak uygulanabilir bir yöntem sunmaktadır. Pek çok başarılı mimarlık firması, artık artan inovasyon ve gelişmiş iletişim için iş akışlarının kritik bir parçası olarak 3BB teknolojisini (kurum içi veya hizmet olarak) yaygın olarak kullanmaktadır. Günümüzde, bazı mimarlar, doğrudan bir inşaat yöntemi olarak 3BB'yi tercih etmektedirler (Walters & Thirkel, 2007).

Mimari modeller için 1995-96 yıllarında MIT'de çalışmalar yapılırken 3BB teknolojileriyle ilk defa bir Ayasofya modeli üretilmiştir. Nike firması Amerikan futbolcuları için 3B yazıcı ile Vapor Laser Talon marka ilk futbol ayakkabısını üretti. Spor dünyasında da önemli kullanım yeri bulan 3BY, spor ayakkabıdan, spor giysilerinden sportif araç-gereç ve malzemelere kadar birçok ürünün imalatında da yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. 2023 yılında ise artık NBA maçları için 3BY ile basılmış bir topun kullanımı konuşulmaktadır.²²

²² <https://www.teknolsun.com/2023/02/wilson-3d-baskili-havasiz-basketbol-topu.html>

3BY'ler moda sektöründe de çok çabuk benimsenmiştir. Ayakkabılar, başlıklar, şapkalar ve çantalar dahil olmak üzere 3B baskılı aksesuarların tümü küresel podyumlarda yerini almıştır. Ve hatta daha ileri görüşlü bazı moda tasarımcıları artık moda tasarımı için geçerli olmayan normal kuralları havaya uçurmak için 3BB içeren Paris ve Milano podyumlarında modellenen bir dizi koleksiyon üretmişlerdir (Walters & Thirkel, 2007).

3BB akımına geç katılmasına rağmen, gıda, insanları çok heyecanlandıran ve teknolojiyi gerçekten ana akım haline getirme potansiyeline sahip, gelişmekte olan bir alandır. Sonuçta, hepimizin her zaman yemek yemesi gerekecektir. 3BB, yiyecek hazırlamanın ve sunmanın yeni bir yolu olarak ortaya çıkmaktadır. 3BB gıdalarına ilk girişler çikolata, krep ve şekerlemeler ile oldu ve bu gelişmeler, özel 3BY'lerin piyasaya çıkmasıyla hızla devam etmektedir. Hücresel protein düzeyinde etin 3B baskısını da içeren yiyeceklerle ilgili diğer bazı erken deneyler yapılmıştır. Makarna, çikolata için de yapılan deneyler diğer gıdalar için de yapılmaktadır (France, 2014).

2.4. REKABET PİYASALARI VE İŞLETMELER

2.4.1. Sistem Piyasası İçerisinde Yer Alan İşletmeler

Genel olarak Sistem Pazarı 3BY üretici işletmelerin yer aldığı piyasa olarak ele alınmıştır. 1984 yılında 3D Systems firması tarafından ilk üç boyutlu yazıcı üretilmiş ve ardından yeni firmalar bu alana girmiştir, 2020'lerde ise birçok firma üretmeye ve satmaya başlamıştır. 2012 yılında 3BY market hacmi 2,2 milyar dolara erişerek 2011 yılına göre %29'luk bir artış göstermiştir.²³

Bu pazarda çıkan başlıca firmalara örnek olarak Xometry, 3D Systems, Stratasys, Materialise, Protolabs Nano Dimension, Voxeljet verilebilir.²⁴ Ayrıca 3BY kullanan ve bu amaçla büyük yatırımlar yapan başlıca firmalara örnek Apple, Raprap, NASA, General Electrics (GE), SpaceX, Ex One, Solidscape, Rosswag, Essentium, Rolls-Royce, Cadillac, Exone, Saremco'dur. Daha önce verilen tüm veriler ve kronolojik gelişim ışığında rahatlıkla söylenebilir ki sistem pazarında yer alan işletme sayısı her geçen gün artmaktadır. Hatta bu pazara bireysel kullanıcılar bile çoktan dahil olmuştur.

²³ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-industry-analysis>

²⁴ <https://manufactur3dmag.com/the-worlds-largest-3d-printing-companies-by-market-cap-protolabs-3d-systems-on-top/>

2.4.2. Malzeme Piyasası İçerisinde Yer Alan İşletmeler

3BY'ler için özellikle hammadde üretimi, temin ve tedariki çok büyük önem taşımaktadır. Bu alanda dünyada pek çok firma bulunmaktadır. Büyük firmalar genellikle kendi hammaddelerini kendileri hazırlama yoluna gitmektedirler. Ama orta ölçekli firmalar ve kullanıcı seviyesinde olanlar imalatçı firmalardan ya da aracı firmalardan satın almaktadırlar.

3BY'lerde genellikle plastik kökenli hammaddeler kullanılmaktadır. Masaüstü yazıcılarda yaygın olarak kullanılan hammaddeler ABS ve PLA hammaddeleridir. Ayrıca Reçine, Polyamid, Seramik, Titanyum vb. hammaddeleri kullanan profesyonel 3BY'ler de bulunmaktadır. 3BY ve baskılama teknolojilerinin genel olarak üretimde kullandıkları materyaller şunlardır; Metaller, Plastikler, Seramikler, Polimerler, Kompozitler, Bio Maddeler, Kağıtlar.

Üretimde kullanılan ham maddenin cinsine göre 3BY üreten firmalar da günlük hayatta hatta medyada Metal Yazıcı Firması, Plastik Yazıcı Firması, Seramik Yazıcı Firması, Polimer Yazıcı Firması, Kompozit Yazıcı Firması, Karton/Kağıt Yazıcı Firması olarak adlandırılabilir. 3BY'ler için hammadde üreten ve aracılık edip satan firmalar da bu materyalin ismiyle anılabilmektedir.

Stratasys, FDM süreci için bazı üretim uygulamalarına uygun bir dizi tescilli endüstriyel sınıf malzeme geliştirmiştir. Pazarın giriş seviyesi sonunda, malzemeler daha sınırlıdır, ancak ürün yelpazesi büyümektedir. Giriş seviyesi FFF 3BY'ler için en yaygın malzemeler ABS ve PLA'dır.

ABD San-Diego Organovo'da NovoGen MMX Biyoprinterler ile doku, damar, muhtelif ayak-el-kol-bacak protezleri, plastik iskelet, çene kemiği vb. birçok üretim yapılabilir. 80 yaşında Hollandalı bir kadın için çene kemiği Belçika şirketi LayerWise tarafından ana maddesi titanyum olmak üzere SLS yöntemi ile biyoseramik kaplama yapılarak üretilerek kullanılmış ve yaşlı kadın ameliyattan birkaç saat sonra çok rahat çenesini kullanabilmiş ve konuşabilmiştir (Chu ve diğ., 2014).

3BB teknolojisinin gelecekte de tıpta önemli bir rol oynayacağından hiç kuşku yoktur. Halen medikal dünyasında ticari ve endüstriyel olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kas, doku,

kemik ve organlardan cerrahi araç-gereç-alet ve modellere kadar birçok ürün metal ve plastikten ya da türevlerinden üretilmiştir.

Artık 3BB teknolojisi ile çok geniş bir alanda fonksiyonel biyomateriyaller özellikle basit ve karmaşık doku ve organların üretimi için kullanılacaktır. FDM teknolojisi hem yapısı hem de kullandığı malzemelerin farklılığıyla diğer yazıcılardan ayrılmaktadır.

Genel adı filament olan ve makaralara sarılı olarak bulunan bu hammaddeler yazıcı tarafından yüksek sıcaklıklarda eritilerek bir tabla üzerine serilir ve soğuyarak veya soğutularak kendi kendine tekrar katı hale dönüşür. Tabla bir miktar aşağıya iner ve aynı işlem tekrarlanır. Üretim işlemleri sonucunda katmanlar halinde plastikten bir katı nesne (obje) oluşmaktadır (Jakus & Shah, 2017).

Piyasada 3BY'ler için hammadde sağlayan pek çok firma bulunmaktadır. Amerikan ve Avrupa firmaları dışında çok miktarda Çin firması olması dikkat çekmektedir. Pek çok Çin firması (MingWa Technology Co, Guangzhou Yousu Plastic Technology Co, Jinhua Wanhao Spare Parts Co vb.)²⁵ dışında filament olarak reçine, plastik, toz, kimyasal, metal hammadde de sağlayan firmalardan bazıları şunlardır: İtalyan Mitalon Sharebot firması (Bu firma Türkiye'de de faaliyet göstermektedir.) ProtoFab firması, Hollanda Cead Group BV firması, Alman Addiblast firması, Türk 3dörtgen ve Ermaksan firmaları. Dünyanın en büyük firmaları da kendi filamentlerini üretmektedir. Stratasys, 3D Systems, Proto Labs, Materialise NV ve Desktop Metal Inc. bu firmalara örnektir.

Görüldüğü üzere 3BB teknolojisi geliştikçe kullanılan hammaddeler de gelişmekte ve bu piyasaya bir çok firma dahil olmaktadır.

2.4.3. Hizmet ve Ürün Piyasası İçerisinde Yer Alan İşletmeler

Günümüzde birçok firma kendi üretim faaliyetlerine bu yazıcıları eklemiştir. Dünyanın önde gelen ve yoğunlukla 3BY kullanan firmalar arasında GE / Morris Technologies, Airbus / EADS, Rolls-Royce, BAE Systems ve Boeing bulunmaktadır.

3BY'ler her alanda kullanıldığı gibi günlük hayatımızda, hediyelik eşyada, gündelik araç gereç gibi pratik nesnelerin üretiminde de çok kullanılmaktadır. Örneğin; yazılım, gıda, mimarlık,

²⁵ [3d Filament company list in China \(company-list.org\)](http://3d-filament-company-list-in-China.com/company-list.org)

model, kitap, medya, güzel sanatlar, sinema, çevre tasarımı, klipsler, braketler, kalem tutucular, kutu klipsleri, kutu içecek kapak açıcıları, araba bagajı, kapak, kapı ve cam kolları, tutamaklar, lamba yuvaları, dondurma yapım aparatı, kapı zili yuvaları, ayakkabı, oyuncak, animasyon film, gözlük, optik, cep telefon kılıfları vb. birçok nesnenin üretiminde 3BB kullanılmaktadır (Chu ve diğ., 2014).

3BY merkezleri ve servis sağlayıcı firmalar Shapeways (ABD), Ponoko (ABD), Kraftwurx (ABD), Tethon (ABD), 3D (ABD), West England Üniversitesi Fine Print Research Merkezi (İngiltere), Staples (Avrupa), Myeasy3D (Avrupa), Mcor (Avrupa) Sculpteo (Fransa), Materialise (Belçika) başlıcalarıdır.

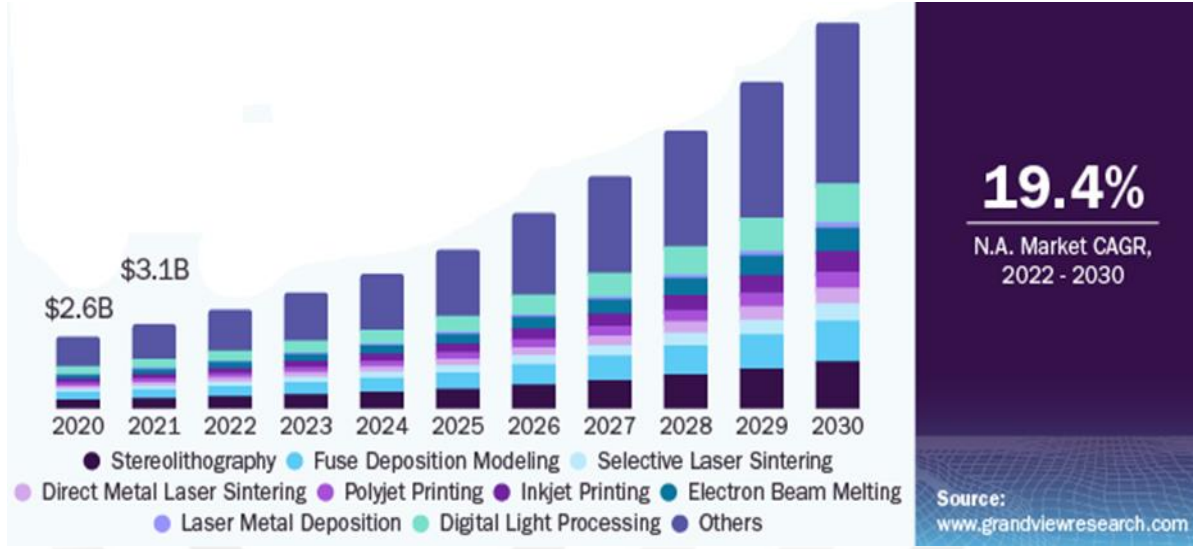
Parça üreten firmalarda ise Makexyz, 3DHubs önde gelmektedir. Muhtelif baskılar için Print Chomp, zoomRP.com, RedEye, solid-ideas; butik model ve tasarımda 3DPhackton, kuyumculukta 3DFactory yaygın olarak kullanılmaktadır (Jordan ve diğ., 2014; France, 2014).

Ücretli 3B model üretim programlarından önde gelenler Turbo Squid, 3DBurrito, 3DLT, 3docean. Slicing Software bilinen programları da Slic3r, KISSlicer, CuraEngine, MakerBot Slicer, Skeinforge, SFACT'dir (Jordan ve diğ., 2014).

2.5. PİYASA ANALİZLERİ, GELİŞEN SEKTÖRLER VE EĞİLİMLER

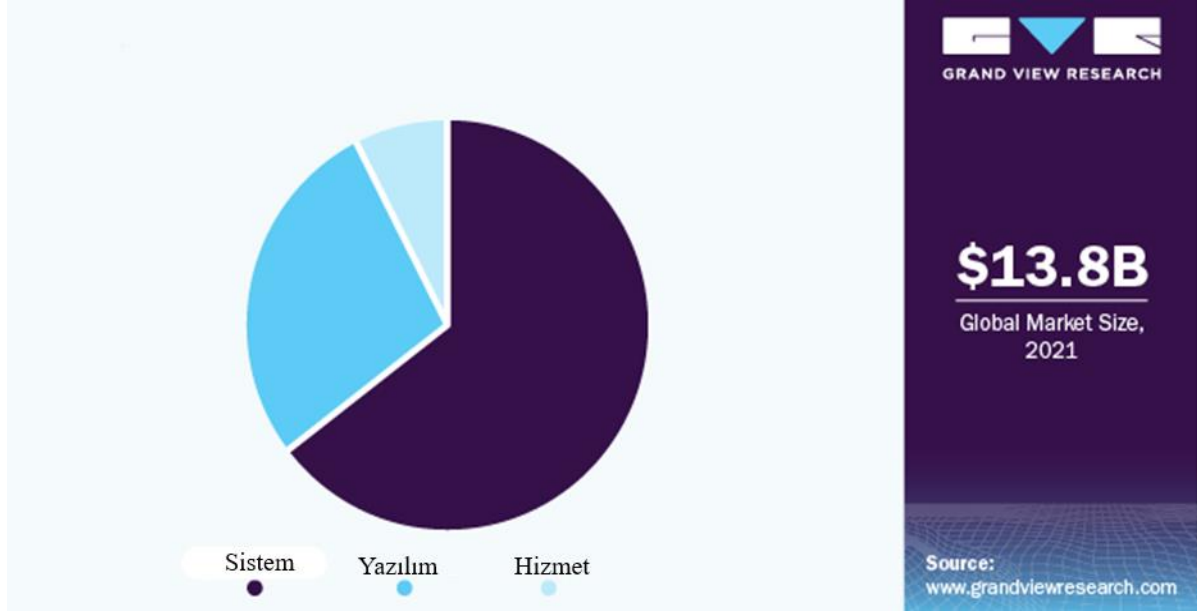
2.5.1. 3 Boyutlu Baskılamanın Küresel Piyasa Eğilim Analizi

3BB teknolojilerinin gelecekte çok önemli bir rol oynayacağına hiç şüphe yoktur. 3BY'ler sadece yazılım, uzay havacılık, savunma sanayii, gemi inşa, otomotiv, moda, sanat, sinema, hediyelik eşya, inşaat, tıp ve medikal dünyasında ticari ve endüstriyel olarak değil neredeyse akla gelebilecek tüm sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. 2021 yılında 14 milyar dolara yakın olan küresel ölçekli 3BB piyasa değerinin 10 yıl içerisinde 20 milyar dolara yaklaşması beklenmektedir. Sadece Amerika için bu oranın yüzde 20 civarında olması beklenmektedir. Halihazırda Amerika toplam 3BB piyasa değerinin yaklaşık 3'te 1'ni bünyesinde barındırmaktadır. Resmi kayıtlar esas alınarak yapılan çalışmada 2021 yılı için 2 milyon civarındaki 3BY nakliye adedinin on yıl içinde 20 milyonun üzerine çıkması beklenmektedir.



Şekil 2.12: Kuzey Amerika 3BB pazar hacmi.²⁶

3BB teknolojileri evden uzaya, uzuvlardan güzel sanatlara kadar her alanda yaygınlaşmaktadır. Uzak Doğu'da, özellikle Japonya ve Kore'de insansı robotların seri üretimine başlanmış bulunmaktadır. 2022'de gelişmekte olanlar dışında ülkemizde ve Üçüncü Dünya Ülkelerinde de 3BB kullanımı yayılmaya başlamıştır.



Şekil 2.13: 3BB rekabet piyasaları.²⁷

²⁶ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-industry-analysis>

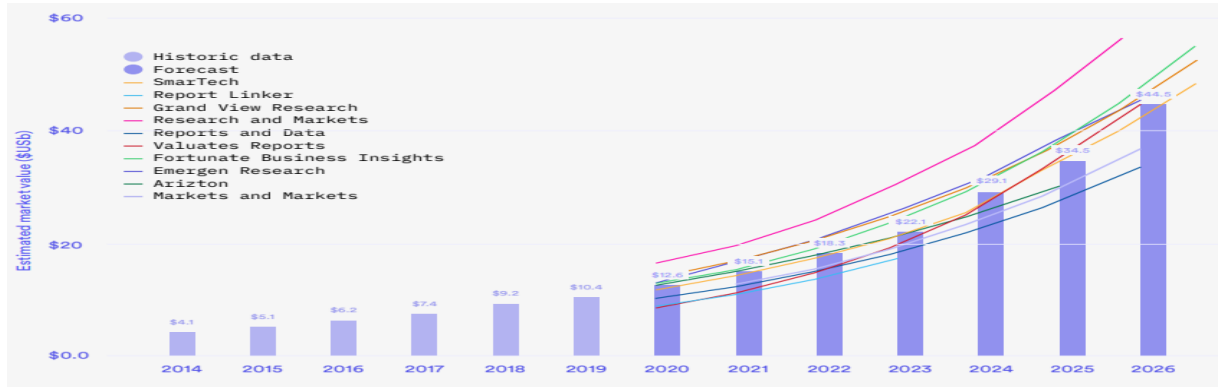
²⁷ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-industry-analysis>

Şekil 2.13’de görüleceği üzere 2021 yılı için sistem pazarının yazılım ve hizmet pazarlarına göre büyük bir üstünlüğü bulunmaktadır. 2012 yılında bu oran hizmet sektöründen yanayken gelişen teknoloji, üretimin boyutsal anlamda gelişmesi ve hızlanması, endüstriyel alanlarda kullanımın artması gibi faktörlere bağlı olarak sistem pazarının önemli oranda büyüdüğünü görmekteyiz.

Kuzey Amerika bölgesi özelinde 2016 ile 2022 yılları arasında 3BB pazarı için %20.1 oranında, Asya-Pasifik Bölgesinde ise 2013 ile 2022 yılları arasında %25 oranında bir büyüme kaydedilmiştir. En çok tercih edilen yazıcılar ise FDM, SLS, DMLS ve SLA yazıcılar olmuştur (Oak, 2020).

Oak (2020), özellikle DMLS yazıcıların gelişen teknoloji ile endüstriyel alanda ilerleyerek önümüzdeki günlerde daha çok kullanılacağını belirtmektedir.

Savunma sanayiinde kullanımı da hızla yaygınlaşmaya devam etmektedir, ABD’de komple bir roketin üretimi 3BY ile yapılmış ve test atışları gerçekleştirilmiştir. 3BB teknolojilerinin gelişmiş versiyonlarının önemli projelerle birlikte gelecekte daha pek çok alan ve sektörde kullanılabileceği öngörülmektedir.



Şekil 2.14: 3BB büyüme oranları.²⁸

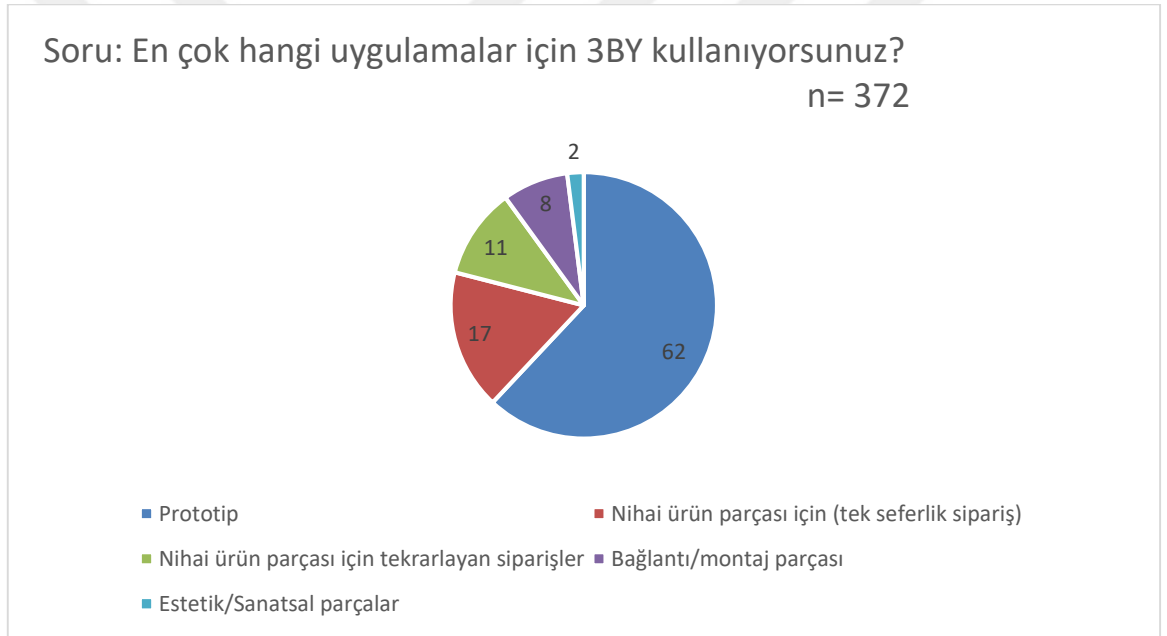
Protolabs tarafından kurulan Hubs şirketinin 2022 yılında yayınladığı raporda birkaç araştırma şirketinin market raporları, CAGR (Bileşik Yıllık Büyüme Oranı) ile analiz edilmiştir.

Rapora göre 2021 yılı için market büyüklüğü 10.8 milyar dolar ile 19.5 milyar dolar arasındadır. Bu rakamın 2026 yılında ortalama 44.5 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca 3BY

²⁸ <https://www.hubs.com/get/trends/>

ile üretilen ürünleri alan veya kullanan 372 işletme özelinde yapılan çalışmalarda 2020 yılına oranla %68 daha fazla 3BY ile basılmış ürün alındığı ortaya konulmuştur. Görüldüğü üzere her anlamda bu pazarda gelişim olduğu görülmektedir.

Ancak aynı raporda başka bir analiz yapılmıştır ve ilginçtir ki bununla ilgili benim tahminimin aksine olumsuz olarak değerlendirme yapılmamıştır. Şöyle ki aynı şirketlere en çok hangi amaçla 3BY ürünlerini kullandıkları veya aldıkları sorulduğunda %67 oranında prototip elde etmek için olduğunu belirtmişlerdir. Zaten bu pazarda en büyük sorunun niş ürün elde etmek, tek ürün almak olduğu ve seri üretimle ilgili sorunların devam ettiği görülmektedir. Analiz sonucu Şekil 2.15’de sunulmuştur.



Şekil 2.15: 3BY tercih analiz grafiği.²⁹

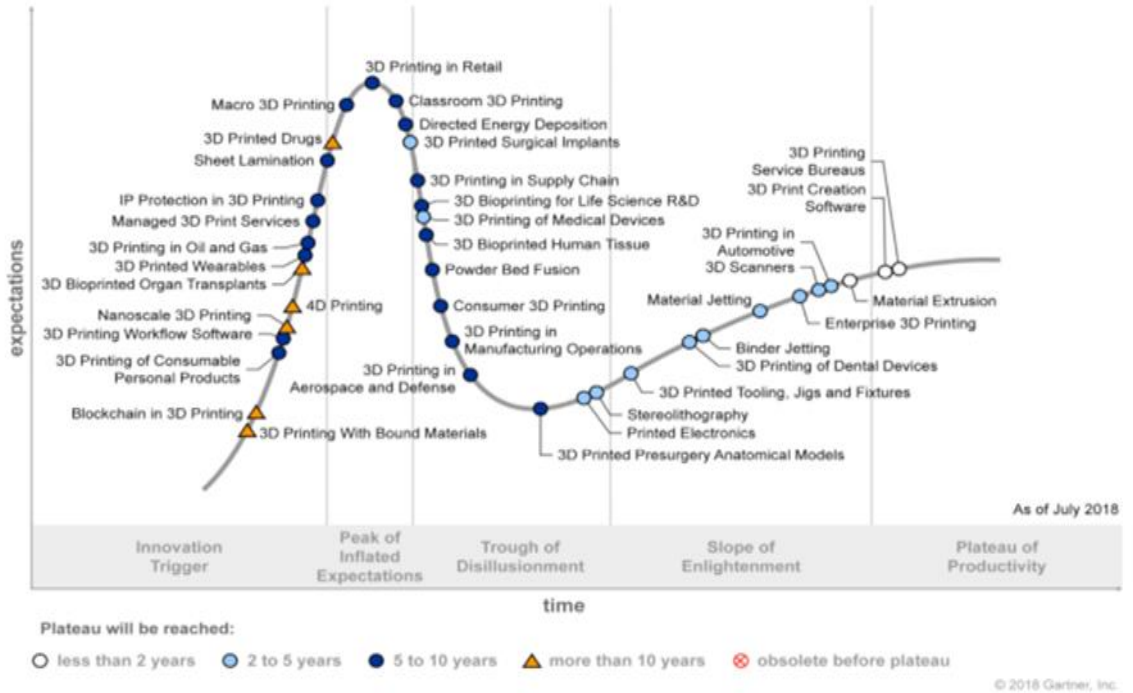
Şekil 2.15’de tek seferlik alım oranı olan %17’yi de eklersek %79 gibi bir rakama ulaşılmaktadır ki bu rakam piyasa için en sorunlu rakamdır. Bu nedenle market içerisinde yer alan işletmelerin eğilimleri, gelişmeleri yakından takip etmeleri gerekmektedir. Pazar ya seri üretime ayak uyduracak ya da seri üretim yöntemleri ile entegre hale gelecektir.

2019 yılında yayınlanan Gartner Hype döngüsüne göre 2023 yılına kadar beklenen neredeyse tüm gelişmeler gerçekleşmiştir. Özellikle 10 yıl içinde gelişmesi beklenen, Toz Yatak Füzyon

²⁹ <https://www.hubs.com/get/trends/>

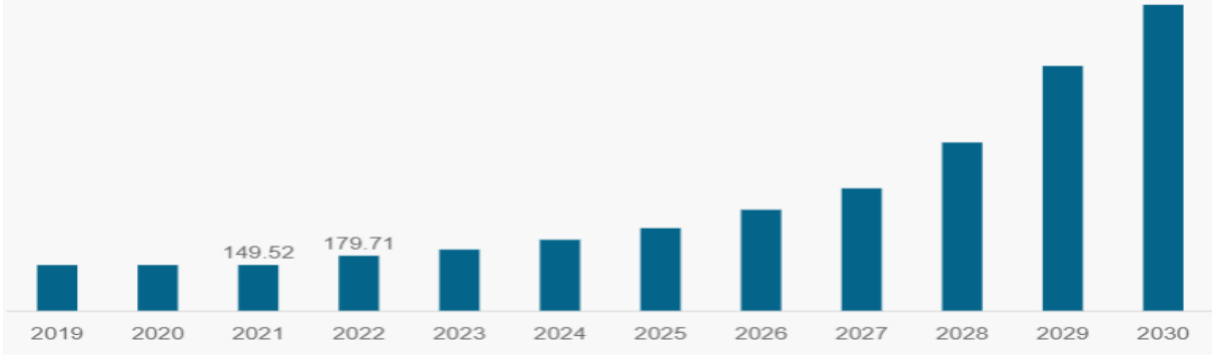
Birleştirme (*Powder Bed Fusion - PBF*) yöntemi SLS ve DLMS gibi birçok yöntemde halihazırda kullanılmaktadır.

Raporda 10 yıldan uzun süreceği tahmin edilen 3BY ile basılmış bio-plant organ naklinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştiği daha önce belirtilmiştir. Bu husus bize aslında bu teknolojinin bir yandan da gelişime çok açık olduğunu göstermektedir. İşte bu husus bile başlı başına piyasa için bir avantajdır. İlerde yapılan analizlerde görüleceği üzere markette etkin işletmelerin de özellikle AR-GE çalışmalarına neden ağırlık verdiği burada görülmektedir.



Şekil 2.16: 3BB için Gartner hype döngüsü (Basiliere & Shanler, 2019).

Rapora göre 4 Boyutlu Yazıcılar, macro ve nano ölçüde basılmış ürünlerin yanısıra ve blockchain teknolojisini içeren 3BB teknolojilerinin geleceği yakındır. Raporda yer alamayan ve henüz çok erken olabilecek bir melez teknolojiye bahsetmekte yarar vardır; Nesnelerin İnterneti ve 3BB.



Şekil 2.17: Nesnelerin interneti için 2019-2030 arası market analizi (Fortune Business Insight, 2023).

Şekil 2.17’de görüleceği üzere ve hatta tüm imalat piyasasına baktığımızda Endüstri 4.0’ın en önemli unsurlarından Nesnelerin İnterneti market gelişiminin ne denli büyük olduğu ortadadır. Sadece 2021 ile 2022 yılları arasında yaklaşık 30 milyar dolar büyüme görülmüştür.

işte bu noktada 3BB teknolojisinin Nesnelerin İnterneti ile melez olarak yeni bir yapıya kavuşması durumunda piyasa ile ilgili bambaşka bir noktaya gelineceği tarafımda değerlendirilmektedir. Bir üretim bandında seri üretim sırasında bir parçanın hatalı üretildiğini/kırıldığını veya tam monte edilemediğini, akıllı üretim sistemleri/makinalar tarafından bu bilginin bant üzerinde yer alan akıllı bir 3BY’ye gönderildiğini düşünün ve sonrasında o parçanın bandın sonunda üretimin durmaksızın düzeltilip takıldığını hayal edin. Bu konuda herhangi bir çalışma yapıp yapılmadığı ile ilgili bir veriye ulaşamamış olmakla beraber bu fikrin gelecekte gerçekleşebileceği mümkün görülmektedir.

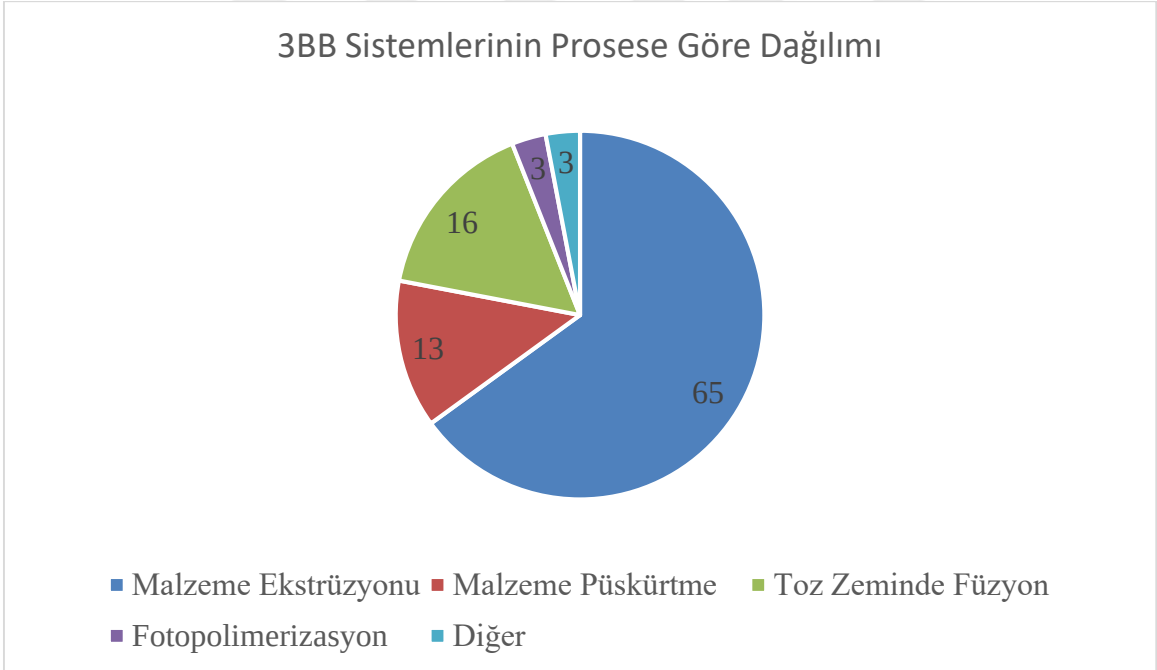
2.5.2. 3 Boyutlu Baskılamanın Türkiye Piyasası Eğilim Analizi

Türkiye’de 3BB pazarı henüz çok yeni ve sadece 30 yıllık bir geçmişi bulunmaktadır. Yerel firmalar daha işin çok başında ve büyük bir çoğunluk ise henüz farkındalık aşamasını bile geçememiş konumdadır. Bu nedenle 3BB pazarına küresel oyuncular hâkim bulunmaktadır. Sektör oyuncularının değer zinciri içinde faaliyet alanlarını genişletme, ürün ve hizmetlerini çeşitlendirme çabası görülmektedir. Bu gayretlere bakarak en azından Türkiye’de 3BB pazarının olgunlaşmaya başladığı, oyuncuların pazardaki boşlukları ve fırsat alanlarını doldurmaya yöneldiği ve sonuçta büyümeyi hedefledikleri söylenebilir. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji Bütçe Başkanlığı Sektörler ve Kamu Yatırımları Genel Müdürlüğü İmalat Sanayii Daire

Başkanlığının 2019 yılında yayınladığı kapsamlı rapor incelenmiş, piyasada yer alan işletme yöneticileri ile görüşmeler yapılmıştır.

Türkiye’deki 3BB Sistem Piyasası genel olarak küresel 3BY sistemlerinin Türkiye distribütörleri ve yerli yazıcı üreticilerinden oluşmaktadır. 3BY üreticileri ekseriyetle bireysel kullanıma uygun olan masaüstü şeklinde tabir edebileceğimiz FDM tipi 3BY üretmektedir. Endüstriyel 3BY girişimlerine eğilim artarak devam etmektedir. İmalatçı şirketlerin büyük çoğunluğu kendi yazılımlarını üretmektedir ki ülkemizin yazılım anlamında gelişimi bu noktada piyasaya büyük bir rahatlık ve hareket kabiliyeti kazandırmaktadır.

Türkiye’de 3BY pazarında 2018 yılı için ise yaklaşık 50 işletme yer almaktadır. Bu işletmeler çoğunlukla pazar payı ve satış hacmi düşük olan ve makul ücretli 3BY üreticisi veya ithalatçısı olan şirketlerdir. Rapora göre sistem pazarında özellikle masaüstü 3BY pazarı için üretici olmayan şirket sayısının üretici olana oranla daha fazla olduğu, rekabetin yüksek olduğu ve küresel piyasaya nazaran ürün çeşitliliğinin az olduğu tespit edilmiştir.



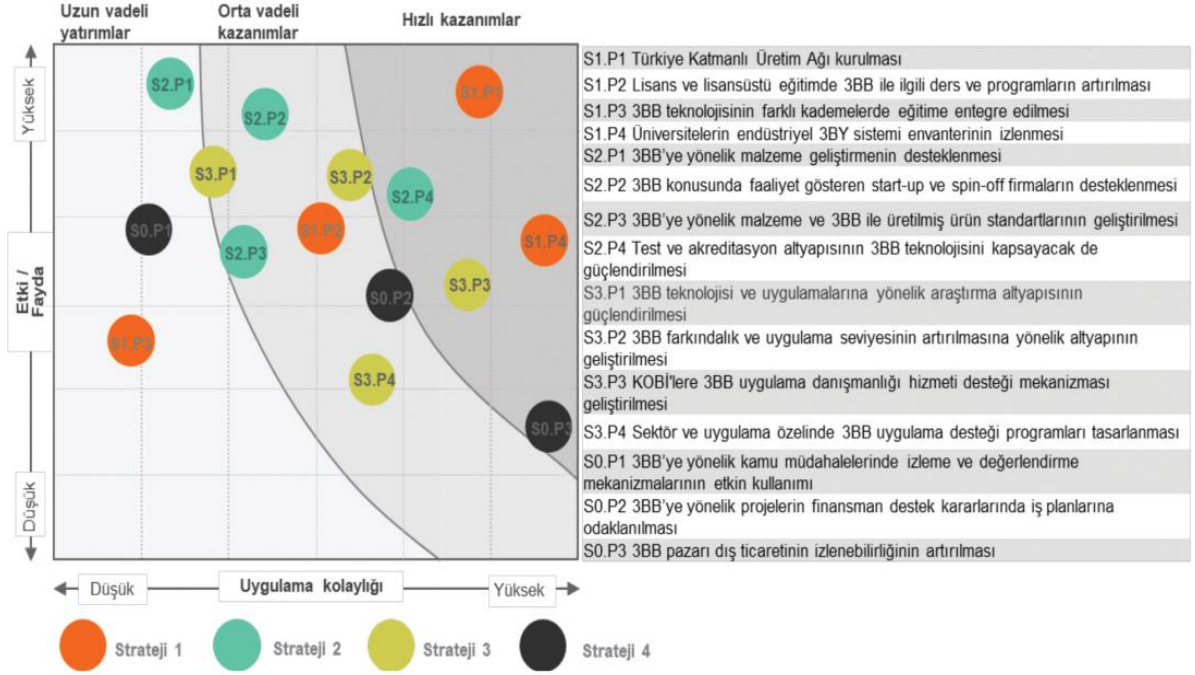
Şekil 2.18: 3BB sistemlerinin prosese göre dağılım şeması (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019). Görüldüğü üzere malzeme ekstrüzyonu diğer çeşitlere göre ülkemizde çok daha fazla talep görmektedir.

Tablo 2.1: 3BB Türkiye pazar büyüklükleri (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019).

3BY Pazarı (milyon dolar)	Pazar Büyüklüğü	2023 Tahmini
Hizmet Pazarı	9,28	26,31
Sistem Pazarı	8,82	12,37
Malzeme Pazarı	4,43	10,47
Toplam	22,53	49,1

Tablo 2.1’de görüleceği üzere sistem pazarı hizmet pazarından sonra gelmektedir. Ancak küresel piyasada sistem pazarının hizmet ve malzeme pazarına kıyasla ne kadar büyük olduğu daha önce belirtilmiştir. Bu nedenle ülkemizde sistem pazarının henüz tam olarak istenen seviyede olmadığı değerlendirilmektedir. Küresel piyasaya göre Türkiye sadece %0,54 sistem pazarı oranına sahiptir.

Rapora göre ayrıca 2023 tahminlerinde hizmet pazarının diğer pazarlara göre daha fazla büyüyeceği belirtilmiştir ki aslında bu durum pek de arzu edilen bir durum değildir. Küresel piyasada söz sahibi olabilmek için o teknolojiyi sadece kullanmak değil üretmek gerekir. Bu kapsamda üretim konusunda daha çok ilerleme kaydedilmesi gerekmektedir. Ancak yapılan analizlerde de görüleceği üzere, hizmet pazarının üretim pazarına kıyasla daha çok ilerleme kaydetmesine nakliye fiyatlarının artması ve hammadde de çoğunlukla dışarıya bağımlı olunması sebep olabilmektedir. Kaldı ki en büyük şirketler bile finansal anlamda sorun yaşarken bizim işletmelerimizin günümüz ekonomi şartlarında bu yüklerin altından destek olunmadan kalkınması çok zordur. Bu anlamda devlet destekli ve yazıcı üretimini henüz yapmamış büyük şirketlerin de bu konuya önem vermesi gerekmektedir. Girişimcilerin belirli sermaye ve AR-GE çalışmaları olmadan piyasada yer almaları çok zordur. Bu konuda ilgili kişiler eksikliği görmüş olmalıdır ki birçok politika geliştirilmiş ve analiz edilmiştir. Şekil 2.19’da görüleceği üzere yakın gelecekte ülkemizi bu anlamda büyük yenilikler ve atılımlar beklenmektedir.



Şekil 2.19: Politika önerilerinin analizi (T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019).

Tabi bu alanda birçok güzel gelişme de yaşanmaktadır. Kickstarter'da ilk defa bu alanda Türk bir girişimci ödül ve fon almıştır.

Haberlere de yansıyan ve çok ses getiren diğer bir gelişme de 2021 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi iştiraki olan İSTON A.Ş. tarafından tamamen yerli imkanlarla geliştirilen 3BY ile ilk kez beton ev inşa edilmesi olmuştur.³⁰

Ayrıca 2021 yılında Milli Eğitim Bakanlığı tarafından Fatih projesi kapsamında 420 adet 3BY'nin okullarda ücretsiz olarak dağıtılacağı açıklanmıştır.³¹

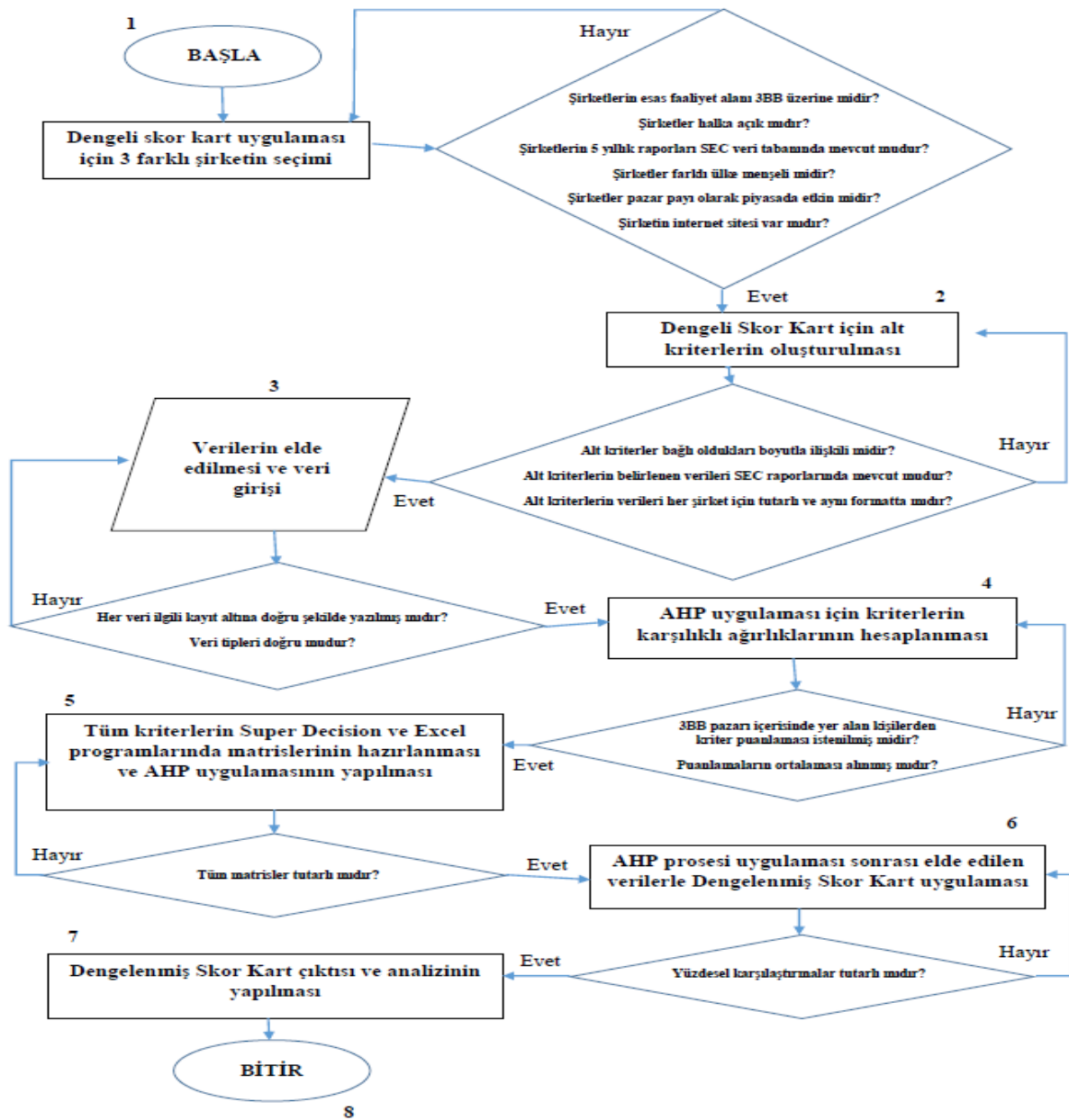
Görüldüğü üzere ülkemizde geliştirilen politikalar neticesinde devletimizin ve diğer kamu iştiraklerinin destek verdiği birçok gelişme yaşanmaktadır. Ancak halihazırda işletmesel boyutta rekabet edecek bir durumda olmadığımızı söyleyebiliriz. Bu kapsamda kamu destekleri ile beraber özel sektörde büyük oyuncuların da devreye girmesi ve küçük işletmeleri desteklemeleri gerektiği kaçınılmaz bir gerçektir.

³⁰ <https://iston.istanbul/iston-turkiye-de-ilk-defa-3d-teknolojisi-ile-ev-uretti>

³¹ <http://fatihprojesi.meb.gov.tr/>

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde öncelikle literatür taraması sonrası 3BB pazarında olan ve kendi 3BY'lerini üreten şirketler arasından seçim yapılmıştır. Daha sonra Dengelenmiş Skor Kart uygulaması için gerekli alt kriterler belirlenmiş ve AHP prosesi ile ağırlıkları hesaplanmıştır. SEC raporlarından 5 yıllık alt kriterlere ait veriler toplanmış, hesaplamalar yapılmış ve Dengelenmiş Skor Kart oluşturulmuştur. Yapılan işlemlere ait iş akış şeması Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: İş akış diyagramı.

İş Akış Diyagramı kapsamında Dengelenmiş Skor Kart Uygulaması için öncelikle 3 adet işletmenin seçilmesi gerekmektedir. Bu işletmeler için koşul olarak öncelikle 3BB pazarı içinde 3BY üreticisi olma şartı aranmaktadır. Bu işletmelerin halka açık olması, verilerinin gizli olmaması ve kamu ile paylaşıyor olması önemlidir. Ek olarak bu verilerin tutarlılık bakımından SEC veri tabanında yer alması gerekmektedir. İncelemenin küresel piyasa kapsamında olabilmesi için işletme menşelerinin farklı ülkeler olması ve bu işletmelerin 3BB piyasasında etkin olması koşulu aranmaktadır. Bir diğer husus da bu şirketlerin internet sitelerinin mevcut olmasıdır.

Tüm kriterlere uyan 3 işletmenin seçilmesi sonrasında Dengelenmiş Skor Kart alt kriterlerinin seçimi yapılmalıdır. Alt kriterler bağlı olduğu Finans, Müşteri, İç Süreç ve AR-GE boyutlarıyla ilişkili olmalıdır. Ayrıca tüm alt kriterlere ait veriler SEC veri tabanında yer almalı, aynı formatta ve tutarlı olmalıdır. Bu kapsamda alt kriterlerin seçimi yapılmıştır.

Daha sonra veri giriş aşamasına geçilmelidir. Bu noktada tüm verilerin girişlerinin doğruluğu ve veri tipleri kontrol edilmelidir.

Veri girişleri yapıldıktan sonra AHP uygulaması için kriterlerin ağırlık oranları belirlenmelidir. Bu aşamada 3BB pazarında bulunan yönetici konumundaki kişilerden puanlama yapılması istenmeli ve yapılan puanlama sonrası ağırlıklarının ortalamaları alınarak tutarlılığı kontrol edilmelidir.

Kontrol sonrası ağırlık katsayılarına göre kriterlerin, Super Decision ve Excel programlarında ikili matrisleri hazırlanmalı AHP uygulaması yapılmalıdır. Bu aşamada ikili matrislerin tutarlı olduğu kontrol edilmelidir. AHP sonuçları her iki programda da aynı olmalıdır. Bu aşamada her iki program üzerinde de gerekli kontroller yapılmış ve tüm matrislerin tutarlı olduğu görülmüştür.

Tutarlılık kontrolü sonrasında AHP uygulaması ile elde edilen verilerle Dengelenmiş Skor Kart oluşturulmalıdır. Dengelenmiş Skor Kart üzerinde tüm kriterlerin ve boyutların yüzdesel tutarlılığı kontrol edilmelidir.

Son aşamada ise tüm kriterler ve boyutların kendi içerisinde tutarlı olup olmadığı kontrol edilmiş ve işletmelerin Dengelenmiş Skor Kart üzerinde yer alan veriler kapsamında analizlerine başlanmıştır.

3.1.İŞLETMELERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARININ İNCELENMESİ İÇİN DENGELENMİŞ SKOR KART UYGULAMASI

3.1.1. İşletme Seçimi

İnceleme yapılması için 3BB rekabet piyasaları arasında küresel anlamda en büyük pazara sahip Sistem Pazarı ele alınmıştır. Bu noktada özellikle sadece 3BY üreticisi olan işletmelerin seçilmesi tercih edilmiştir.

Türkiye’de henüz halka açık 3BY işletmesi bulunmamaktadır. 3BY üreticisi olan şirket yetkilileri ile görüşülmüş ancak hem ticari sır gereği özellikle finansal verilerin paylaşılma konusunda çekincelerin olması hem de belirli raporların sağlanabilmesi konusunda yeterli verinin bulunmaması nedeniyle yerli bir işletme tercih edilmemiştir. Bu anlamda pazar payı büyüklüğü, ürün çeşitliliği, küresel satış ağı olan ve farklı ülkelerde kurulmuş olan halka açık 3 büyük işletme esas alınmıştır.³²

Bu işletmeler anonimleştirme yapılarak A, B ve C olarak kayıt edilmiştir.

Her üç şirket de küresel 3BB piyasasının büyük şirketleri arasındadır. Bu şirketler birçok 3BB teknolojisini ya keşfetmiş ya da patentini almıştır. Firmaların ürün yelpazeleri oldukça geniş, pazar payları da büyüktür. Bu üç şirket de kendi 3BY’lerini üretmekte, kiralamakta ve hizmet sunmaktadır ve satışlarını tüm dünyaya yapmaktadırlar. Üç şirket de halka açıktır, internet siteleri vardır ve iş akış diyagramında verilen tüm kriterlere uymaktadır.

Bahsi geçen şirketlere ait veriler U.S. Securities and Exchange Commission (Amerika Birleşik Devletleri Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonu) resmi internet sitesinde yer alan her şirket için ayrı olarak detaylı yıllık raporlardan, şirketlerin resmi sitelerinde yer alan satış sözleşmelerinden, garanti belge ve müşteri anlaşmalarından alınmıştır.

³² <https://manufactur3dmag.com/the-worlds-largest-3d-printing-companies-by-market-cap-protolabs-3d-systems-on-top/>

3.1.2. AHP Prosesi ve Dengelenmiş Skor Kart Uygulaması

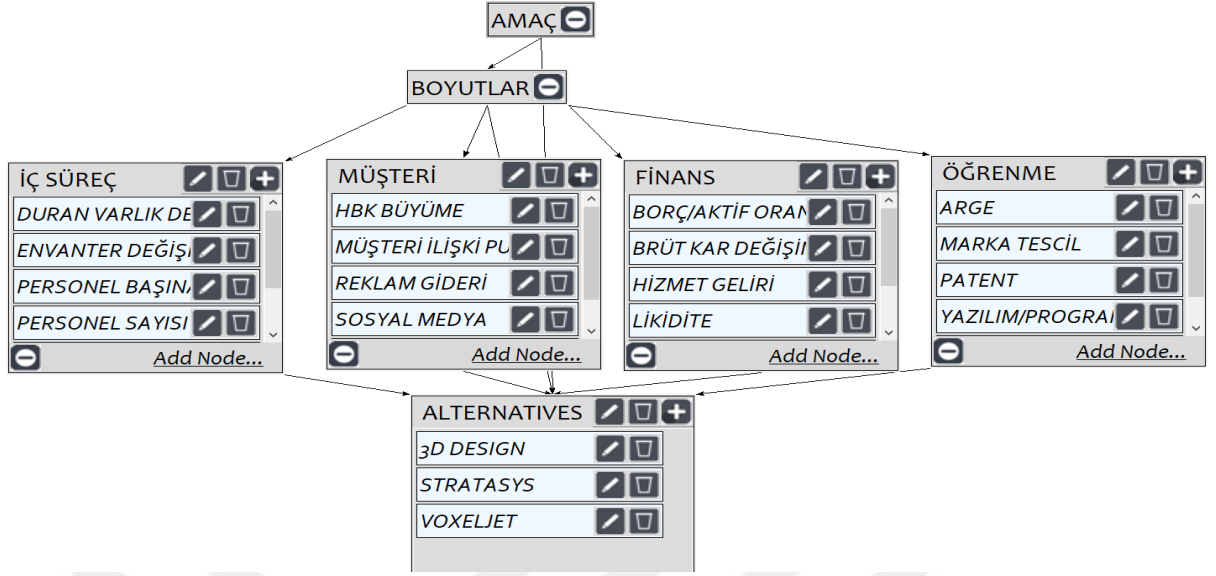
3.1.2.1. *Dengelenmiş Skor Kart Kriter Seçimi*

Piyasanın genel analizleri, eğilimleri ve avantaj ile dezavantajları genel hatlarıyla yukarıda açıklanmıştır. Ancak piyasa içerisinde yer alan işletmelerin durumları daha doğrusu performansları incelemek bu konuda bize farklı bakış açıları da sunacaktır.

Performans için yapılan birçok farklı tanım vardır. Yaşar (2016) performansı bir hedefin gerçekleştirilme derecesi olarak tanımlamıştır. Moullin (2007) ise performans için işletmelerin ve örgütlerin ne derece iyi yönetildiğinin ve paydaşlarına sağladıkları değerin ölçüsü olduğunu belirtmiştir (akt. Yaşar, 2016). Dengelenmiş Skor Kart ise performans ölçüm yöntemlerinin en çok tercih edilenlerinden biridir.

Kaplan ve Norton (1996) tarafından ortaya atılan fikre göre belirli şekilde birbirleriyle ilişkili ölçümlendirme boyutlarına göre şirketin her seviyesinde politikaları ve hedefleri belirlemek ve bu hedeflere ulaşmak için gerekli kriterleri analiz etmek gerekir.

Çalışma kapsamında şirketlere uygulanacak olan Dengelenmiş Skor; Finans, Müşteri, İç süreçler ve Öğrenme-AR-GE boyutlarında belirli kriterlere ayrılarak oluşturulmuştur. Dengelenmiş Skor Kart oluşturulduktan sonra her kriterin ağırlık oranları ve etkileri AHP ile belirlenmiştir. Boyutları ihtiva eden hiyerarşik yapı Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: 3BB performans ölçümü için kurulan hiyerarşik yapı.

Dengelenmiş Skor Kart için oluşturulan kriterler hiyerarşik yapı altında hazırlanmıştır. Her boyut için kriterler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Dengelenmiş skor kart kriterleri.

FİNANS	MÜŞTERİ	İÇ SÜREÇLER	ÖĞRENME-ARGE
Ürün Satış Geliri	Reklam Giderleri	Yönetim Giderleri	Edinilen Teknoloji
Servis Geliri	Sözleşme Varlıkları	Envanter Değişimi	Marka Tescil
Net Kar/Zarar	Hisse Başına Kazanç	Duran Varlıklar	AR-GE Giderleri
Likidite Oranı	Sosyal Medya	Stok Devir Hızı	Patent Sayısı
Borç/Aktif Oranı	Müşteri İlişkileri	Personel Başına Ciro	Ürün Çeşitliliği
Brüt Kar		Personel Sayısı	

Finans boyutu için kriter seçimi:

Halk arasında da sıklıkla kullanılan bir tabir vardır; Para amaç değil araçtır. Bu anonim söz gibi en temel noktadan yaklaşırsak finansal boyut için şirketlerin, kurumların veya örgütlerin belirli dönemlerdeki amaçlarına ulaşmak için kullandıkları araçlar bütünüdür denilebilir. Bu boyutta sıklıkla kullanılan değerlendirme kriterleri ise, satış ve kardaki yıllık artış, borçlar, ödeme süresi gibi özellikle sayısal verilere dayanan ölçeklerdir (Karagöz ve diğ., 2010).

Likidite oranı özellikle şirketlerin kısa dönem mesuliyetlerini, borçlarını elinde mevcut nakit veya nakite en yakın varlıkları ile kapatabilme oranıdır. Borç/Aktif oranı ise benzer şekilde banka kredisi gibi uzun süreli mesuliyetlerini elindeki toplam aktiflerle kapatabilme oranıdır. İşletmeler için alım gücü ne kadar önemli ise borçlarını kapatabilme gücü de o kadar önemlidir.

Müşteri Boyutu için kriter seçimi:

Müşteri boyutu firmanın finansal boyutunu desteklemek için müşterilerle olan ilişkilerini düzenlediği politikalar toplamıdır. Bu anlamda müşterilerin işletmeyi nasıl görmelerini istemelerini ifade etmektedir. Genel olarak reklamlar firmaların dışarı açılan ilk pencereleridir. Bu nedenle işletmeler bu alanda oldukça yatırım yapmaktadırlar. Sözleşme varlıkları ise müşterilerle olan ilişkinin gerçekleşme durumunun ifadesidir. Müşteri tatmini, müşteri karlılığı yeni müşteri kazanma ve elde tutma kriterlerini kapsar (Kaplan & Norton, 1996). Sözleşme varlıkları o firmaların müşterilerle, tedarikçilerle hatta genel tanımla ileriki zamanda aktif varlık değerine dönüşme olasılığı olan varlıkları ifade eder. Hisse başına kazanç müşterinin ve tüm hissedarların karlılığının göstergesidir. Sosyal medya ve müşteri ilişkileri faaliyetleri de müşteri kazanma ve elde tutma isteğinin gerçekleşme çabalarını ifade etmektedir.

İç Süreçler için kriter seçimi:

İşletmelerin hedeflerini gerçekleştirmek için finans ve müşteri boyutlarını iç süreçleriyle desteklemesi ve işletme yapısını bu hedefler doğrultusunda kurması beklenir. İşletme ve kurumların bu kapsamda temel 4 süreci işletmelerine uygulaması beklenir. Bunlar;

1. Ayrıcalık oluşturma,
2. İşletmenin müşteri gözünde değerini arttırma,
3. Faaliyetlerde mükemmelliği hedefleme,
4. İyi ve benimseyen çalışma arkadaşı oluşturma (Kaplan & Norton, 2001).

Bu bağlamda yönetim tarafından bu yapının kurulması ve idamesi için her türlü gider kriter sayılmıştır. Aynı şekilde işletmenin veya kurumun işletmenin değerini arttırma ve ayrıcalık oluşturmak, rakiplerinden farklılaşmak için elde ettiği duran varlıkları, envanterleri ve yatırımları da bu bakış açısıyla kriter sayılmaktadır. Stok devir hızı bir şirketin mevcut stoklarının ne kadar sürede yenilendiğini veya stoklama yapıldığını gösteren çok önemli bir kriterdir. Dönemde satılan malların ortalama stok değerine bölünmesiyle bulunur.

Stok devir hızı bir kısım çalışmalarda finansal boyutta gösterilmiş olsa da (Karagöz ve diğ., 2010) başka çalışmalarda da iç süreç boyutunda ele alınmaktadır (Soydan, 2006). Bu bağlamda şirketlerin satışları sonrası stoklarını yönetebilmenin bir iç süreç faaliyeti olduğu ve faaliyetlerini mükemmelleştirme, kontrolü ve takibi yeterli şekilde sağlama kapasitenin göstergesi olduğu değerlendirilmiştir. Şöyle ki stokların hangi oranda yenileceği satışlardan kısmen bağımsız bir şirket politikası olabilmektedir. Şirketlerin herhangi bir kriz öngörüsü kapsamında yapmış oldukları ticari ürün stokları buna örnek verilebilir. Personel başına ciro ise işletmenin toplam personel sayısına bakmaksızın hangi oranda personel başına ciro yaptığını ifade eder. İşletmeler genel prensip olarak aynı ciroyu daha az personelle elde etme eğilimindedir. Ancak toplam personel sayısı da işletmenin pazar büyüklüğü ve işletmenin güçlenmesi anlamında önemli bir yere sahiptir. Her işletme karlılığını arttırmak, kurumsal imajını geliştirmek, organizasyonunu sağlamlaştırmak ve pazarda ayakta kalabilmek için büyümeyi hedefler. Büyük işletmenin nicel ölçümlerinden biri de personel sayısının artışıdır (Türker, 2018).

Öğrenme ve AR-GE boyutu için kriter seçimi:

Finans, Müşteri ve İç Süreç boyutları hedefler için neyi, nasıl yapılması gerektiğini anlatırken öğrenme boyutu bu boyutlardaki faaliyetlerin gerçekleşebilmesi için gerekli olan insan gücünün ve teknolojik altyapının vasıflarını gösterir (Karagöz ve diğ., 2010). Bu kapsamda edinilen teknoloji, marka tescilleri, patent sayıları, AR-GE giderleri ve ürün çeşitliliği tümüyle kriter olarak seçilmiştir. Özellikle ürün çeşitliliğinin işletmeye pozitif etkileri olduğu, rekabet avantajı sağladığı, riskleri azalttığı, müşteri memnuniyetini arttırdığı ve kriz zamanlarında dayanımı arttırdığı belirtilmektedir (Karakuş & Zerenler, 2018).

3.1.2.2. AHP Uygulaması

AHP objektif ve sübjektif değerlerin performans ölçümüne dahil edilip çok kriterli problemleri çözmek için kullanılan bir tekniktir. Öncelikle hiyerarşik yapının oluşturulması, ikili karşılaştırmaların yapılması ve sentezlenmesini içerir (Özyörük ve diğ., 2014).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ 1/a_{12} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1/a_{1n} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Şekil 3.3: İkili karşılaştırma matrisi (Özyörük ve diğ., 2014.)

Öncelikle n adet kriter için ikili matrisler oluşturulur. İkili karşılaştırmada i satırında (i=1,2,3,...,n) n sütunundaki kritere 1-9 arasında ölçeklendirme verilerek yapılmıştır. Matris sonunda her kriterin pozitif olması ve tutarlı olması beklenir. Matris kare matristir ve köşe değerler 1'e eşittir (Özyörük ve diğ., 2014).

Tablo 3.2: Saaty önem ölçeği (Saaty, 1986).

Önem	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemli	Amaç için iki faaliyet (seçenek) de eşit öneme sahiptir.
3	Orta Derece Önemli	Bir seçenek diğerine nazaran biraz daha önemlidir.
5	Yüksek Derece Önemli	Bir seçenek diğerine nazaran oldukça önemlidir.
7	Çok Yüksek Derece Önemli	Bir seçenek diğerine nazaran çok yüksek biçimde önemlidir.
9	Son Derece Önemli	Bir seçeneğin diğerine nazaran oldukça yüksek biçimde
2, 4, 6, 8	Ara Değerler	İki seçenek arasında orta bir değer vermek gerektiğinde kullanılır.

Matrisin sentezi sonrası tutarlılık oranının hesaplanması gerekir.

Tutarsızlık indeksi $IR = CI / RI$

Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio) – CR

Tutarlılık İndeksi(Consistency Index) – CI

Rastgele Tutarlılık İndeksi(Random Cons. Index) - RI

Tutarlılık İndeksi $CI = (Imax - n) / (n - 1)$ formülünden bulunur (Özyörük ve diğ., 2014; Sağır ve diğ., 2021).

Tutarsızlık indeksi 0.1'in altındaysa matris ve sentez tutarlı kabul edilir (Dellman ve diğ., 2003; Arslan, 2010).

Çalışma kapsamında hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra tüm kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Bunun için her boyutun kendi içerisinde yer alan kriterleri 3BB pazarında faaliyet gösteren 3 işletmenin yöneticilerine sorulmuş ve aralarında puanlamaları istenmiştir. Yapılan puanlamalar sonrası bir değerlendirme yapılarak ikili matrisler oluşturulmuştur ve ağırlık oranları hesaplanmıştır. Hesaplamalar Excel ve Super Decision V3.2 programları kullanılarak yapılmıştır. Bu matrisler Tablo 3.3’de yer almaktadır.

Tablo 3.3: Boyutlar ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.

BOYUTLAR İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ				
Boyutlar	Finans	Müşteri	İç Süreçler	Öğrenme
Finans	1	3	3	4
Müşteri	1/3	1	2	3
İç Süreçler	1/3	1/2	1	1
Öğrenme	1/4	1/3	1	1
Tutarsızlık Oranı	0.03276			
AĞIRLIK ORANLARI				
Name	Normalized	Idealized		
FINANS	0,510972891	1		
İÇ SÜREÇ	0,13104059	0,256453116		
MÜŞTERİ	0,247453295	0,484278715		
ÖĞRENME	0,110533223	0,216319154		

Tablo 3.3’de görüleceği üzere Finans ve Müşteri boyutlarının önemi diğer boyutlara nazaran daha yüksek çıkmıştır. Tutarsızlık indeksi 0.03276, ağırlık oranları toplamı 1’e eşittir ve tutarlıdır.

Tablo 3.4: Finans kriterleri ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.

FİNANS KRİTERLERİ İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ				
Kriterler	Ürün Satış Geliri	Hizmet Geliri	5 Yıllık Net Kar/Zarar	2022 Likidite Oranı
Ürün Satış Geliri	1	2	1/5	1/3
Hizmet Geliri	1/2	1	1/7	1/5
5 Yıllık Net Kar/Zarar	5	7	1	3
2022 Likidite Oranı	3	5	1/3	1
Borç/Aktif Oranı	3	2	1/5	1/5
Brüt Kar Değişimi	3	2	1/3	1/3
Tutarsızlık Oranı 0.06934				
AĞIRLIK ORANLARI				
Name	Normalized	Idealized		
BORÇ/AKTİF ORANI	0,084308277	0,204431037		
BRÜT KAR DEĞİŞİMİ	0,138756786	0,336457992		
HİZMET GELİRİ	0,046484448	0,112715671		
LİKİDİTE	0,256343537	0,621582803		
NET KAR ZARAR ORANI	0,412404487	1		
SATIŞ GELİRİ	0,061702466	0,149616379		

Finans kriterleri için en yüksek ağırlık net kar/zarar kriterine aittir. Tutarsızlık indeksi 0.06934, ağırlık oranları toplamı 1’e eşittir ve tutarlıdır.

Tablo 3.5: Müşteri kriterleri ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.

MÜŞTERİ KRİTERLERİ İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ					
Kriterler	Reklam Gider Dağılım Oranı	Müşteri İlişkileri Varlık Değişimi	Hisse Başına Kazanç Büyümesi	Sosyal Medya Analiz Puanı	Müşteri İlişkileri Puanı
Reklam Gider Dağılım Oranı	1	1/5	3	5	1/3
Müşteri/Tedarikçi Sözleşme Varlık Değişimi	5	1	5	7	3
Hisse Başına Kazanç Büyümesi	1/3	1/5	1	3	1/5
Sosyal Medya Analiz Puanı	1/5	1/7	1/3	1	1/5
Müşteri İlişkileri Puanı	3	1/3	5	5	1
Tutarsızlık Oranı 0.07857					
AĞIRLIK ORANLARI					
Name	Normalized	Idealized			
HBK BÜYÜME	0,072561748	0.14894626626620253			
MÜŞTERİ İLİŞKİ PUANI	0,26195709	0.53771486321394157			
SÖZLEŞME VARLIK DEĞİŞİMİ	0,487167285	1.0			
REKLAM GİDERİ	0,138367165	0.28402392604699228			
SOSYAL MEDYA	0,039946712	0.081997937265675669			

Müşteri kriterleri için en yüksek ağırlık sözleşme varlık değişim kriterine aittir. Tutarsızlık indeksi 0.07857, ağırlık oranları toplamı 1'e eşittir ve tutarlıdır.

Tablo 3.6: Müşteri kriterleri ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.

İÇ SÜREÇ KRİTERLERİ İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ						
Kriterler	Yönetim Giderleri	Ham madde Değişimi	Duran Varlıkların Değişimi	1 Yıllık Stok Devir Hızı	1 Yıllık Ortalama Personel Başına	Personel Sayısı
Yönetim Giderleri	1	1/3	1/3	1/5	1/3	1
Ham madde Değişimi	3	1	2	1/3	1/5	3
Duran Varlıkların Değişimi	3	1/2	1	1/3	1/3	5
1 Yıllık Stok Devir Hızı	5	3	3	1	1	7
1 Yıllık Ort. Pers. Başına Ciro	3	5	3	1	1	3
Personel Sayısı	1	1/3	1/5	1/7	1/3	1
Tutarsızlık Oranı 0.08298						
AĞIRLIK ORANLARI						
Name	Normalized	Idealized				
DURAN VARLIK DEĞİŞİMİ	0,123663742	0,394345726				
HAM MADDE DEĞİŞİM	0,147545931	0,470502559				
PERSONEL BAŞINA CİRO	0,313185908	0,998704407				
PERSONEL SAYISI	0,046857922	0,149423111				
STOK DEVİR HIZI	0,313592195	1				
YÖNETİM GİDERİ	0,055154303	0,175879067				

İç süreç kriterleri için en yüksek ağırlık stok devir hızı kriterine aittir. Tutarsızlık indeksi 0.08298, ağırlık oranları toplamı 1'e eşittir ve tutarlıdır.

Tablo 3.7: Öğrenme kriterleri ikili karşılaştırma matrisi ve analizi.

ÖĞRENME BOYUTU İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSLERİ					
Kriterler	Yazılım/Program Değer Değişimi	MARKA Tescil Değer Değişimi	ARGE Giderleri Oranı	2022 Patent Sayısı	Ürün Çeşitlilik Puanı
Yazılım/Program Değer Değişimi	1	1/3	1/5	1/3	1/3
MARKA Tescil Değer Değişimi	3	1	1/3	1	1/5
ARGE Giderleri Oranı	5	3	1	3	1/3
2022 Patent Sayısı	3	1	1/3	1	1/3
Ürün Çeşitlilik Puanı	3	5	3	3	1
Tutarsızlık Oranı 0.08005					
AĞIRLIK ORANLARI					
Name	Normalized	Idealized			
ARGE	0,265798032	0,605251639			
MARKA TESCİL	0,115779347	0,263642431			
PATENT	0,115779347	0,263642431			
YAZILIM/PROGRAM	0,063490342	0,144574559			
ÜRÜN ÇEŞİTLİLİK	0,439152933	1			

Öğrenme kriterleri için en yüksek ağırlık ürün çeşitliliği kriterine aittir. Tutarsızlık indeksi 0.08005, ağırlık oranları toplamı 1'e eşittir ve tutarlıdır.

Gerekli veriler SEC resmi internet sitesinde yer alan her şirket için ayrı olarak detaylı yıllık raporlardan, şirketlerin resmi sitelerinde yer alan satış sözleşmelerinden, garanti belge ve müşteri anlaşmalarından alınmıştır.

Müşteri İlişkileri Puanı için gözlemlenebilen 3 adet aynı ağırlıkta alt kriter belirlenmiştir.

1. Online platformlar:

Amazon, Trustradius ve Featuredcustomers platformları bu noktada analiz platformları olarak tercih edilmiştir. Puan değerleri maksimum 5 üzerindendir.

2. Çoklu Dil Seçeneği : Maksimum 5 puan olacak şekilde internet sayfası üzerinde çoklu dil destek sayısı alınmıştır.

3. Müşteri Destek Puanı: Canlı Destek, Minimum 1 yıl Garanti, İade Kabul, Teknik Doküman ve Müşteri Rehber Sayfası. Bu kriterlere varlıklarına göre 0 ve 1 değerleri atanmıştır.

Müteakiben bu 3 kriterin ortalaması alınarak Müşteri İlişkileri Puanı hesaplanmıştır.

Sosyal Medya Puanı için LinkedIn, Instagram, Twitter ve Facebook platformlarında 1 Ocak 2023 ile 1 Nisan 2023 tarihleri arasını kapsayacak şekilde toplam gönderi, paylaşım ve etkileşim sayıları esas alınmıştır.

Ürün çeşitlilik tablosunda ise Tablo 3.8’de verilen genel 3BY türleri üzerinden çeşitlilik puanı verilmiştir. Ayrıca işletmenin kendi filamentini üretmesi ve kendi yazılımını kullanması da dahil edilmiştir. Tüm kriterler eşit puanlanarak Ürün Çeşitlilik puanı verilmiştir.

3.2. A İŞLETMESİ VERİ ANALİZİ

Tablo 3.8: A işletmesi müşteri destek tablosu.

MÜŞTERİ DESTEK TABLOSU

KRİTER	VAR=1, YOK=0
Canlı destek	0
Teknik doküman	1,00
Müşteri rehberi	1,00
İade kabul	1,00
Min 1 yıl garanti	1,00
TOPLAM	4,00

Tablo 3.8’de müşteri destek verileri puanı görülmektedir.

Tablo 3.9: A işletmesi online müşteri platform tablosu.

ONLINE MÜŞTERİ PLATFORM TABLOSU				
PLATFORM	OYLAMA SAYISI	AĞIRLIK KATSAYISI	PLATFORM ORT PUANI	TOPLAM PUAN
Amazon	225,00	0,05	4,40	0,24
Featuredcustomers	3967,00	0,94	4,80	4,53
Trustradius	11,00	0,00	3,80	0,01
TOPLAM PUAN	4203,00	1,00	4,33	4,78

Tablo 3.10: A işletmesi müşteri ilişkileri tablosu.

KRİTER	PUAN
Online Platform Puanı	4,78
Müşteri Destek Puanı	4,00
Çoklu dil seçeneği (Maks 5)	5
TOPLAM	13,78
ORTALAMA	4,59

A işletmesi internet sayfasında 8 dil desteği olduğu görülmüştür. Analiz sonrası Müşteri İlişkileri Puanı 4,59 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.11: A işletmesi sosyal medya tablosu.

SOSYAL MEDYA PUANI (OCAK 2023-NİSAN 2023)				
Platform	Gönderi Sayısı	Paylaşım Sayısı	Etkileşim Sayısı (Beğeni + Yorum + Paylaşım)	TOPLAM PUAN
Twitter	81	90	1626	1797
Instagram	29	66	3212	3307
Facebook	14	10	419	443
LinkedIn	81	40	858	979
TOPLAM	205	206	6115	6526

Tablo 3.12: A işletmesi ürün çeşitlilik tablosu.

ÜRÜN ÇEŞİTLİLİK TABLOSU		
KRİTER	VAR/YOK	SONUÇ
Filament/Hammadde Üretimi	1	1
Kendi Yazılımı ve Yazılım Desteği	1	1
SLA (Stereolithography)	1	1
SLS (Selective Laser Sintering)	1	1
PJ (Photopolymer Jetting)/Material Jetting	1	1
SDL(Selective Deposition Lamination)	0	0
EBM (Electron Beam Melting)	0	0
DLP (Digital Light Processing)	0	0
FDM / FFF/ Ekstrüzyon	1	1
DMP (Direct Metal Printing) / SLM (Selective Laser Melting)	1	1
CJP (Colour Jet Printing)	1	1
SAF (Selective Absorption Fusion)	0	0
Diğer	0	0
Toplam		8

A işletmesi tarafından kendi resmi sitelerinde satılan, kiralanılan tüm ürünler incelenmiş ve tablodaki sonuç elde edilmiştir.

Sosyal Medya Puanı 6526, Ürün Çeşitlilik Puanı 8 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.13: A işletmesi veri analiz tablosu.

FİNANSAL BOYUT	BOYUT BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ						
	ÜRÜN SATIŞ GELİRİ DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Satış Geliri - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	-0,12	0,10	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR					
	HİZMET(SERVİS) GELİR DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Hizmet Geliri - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	-32,68	0,03						
	5 YILLIK GELİRE ORANLA NET KAR/ZARAR (%)	5 Yıllık Toplam Kar&Zarar / 5 Yıllık Toplam Gelir *100	-2,17	0,46						
	2022 LİKİDİTE ORANI	2022 likidite oranı (current ratio)	5,50	5,50	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0,1 ALINIR. (-1 DAHİL)					
	2022 BORÇ/AKTİF ORANI	TOPLAM BORÇ/TOPLAM AKTİF VARLIK	0,35	0,35						
	BRÜT KAR DEĞİŞİMİ (&)	(2022 Brüt Kar - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	-23,02	0,04						
			2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM	
VERİ GRUBU (USD)		SATIŞ GELİRİ	433.100.000,00	389.337.000,00	332.799.000,00	428.742.000,00	395.396.000,00	395.874.800,00	1.979.374.000,00	
		HİZMET GELİRİ	258.445.000,00	247.017.000,00	224.441.000,00	186.897.000,00	142.635.000,00	211.887.000,00	1.059.435.000,00	
		TOPLAM GELİR	691.545.000,00	636.354.000,00	557.240.000,00	615.639.000,00	538.031.000,00	607.761.800,00	3.038.809.000,00	
		NET GELİR/ZARAR	-45.505.000,00	-69.880.000,00	-149.594.000,00	322.052.000,00	-122.949.000,00	-13.175.200,00	-65.876.000,00	
		ÜRETİM MALİYETİ	233.678.000,00	234.581.000,00	227.681.000,00	245.169.000,00	237.186.000,00	235.659.000,00	1.178.295.000,00	
		BRÜT KAR	324.390.000,00	280.540.000,00	223.380.000,00	263.780.000,00	198.750.000,00	258.168.000,00	1.290.840.000,00	
MÜŞTERİ-PAZAR BOYUTU		FORMÜL	SONUÇ							
	REKLAM GİDER DAĞILIM ORANI (%)	5 Yıllık Ort. Reklam Pazarlama Net Gideri / 5 Yıllık Ort Toplam Genel Yönetim	5,88	5,88	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR					
	SÖZLEŞME VARLIK DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Müşteri İlişkileri Varlığı - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-85,99	0,01						
	HİSSE BAŞINA KAZANÇ BÜYÜMESİ (HBK) (%)	Son Yılın HBK Büyümesi	-136,80	0,01						
	SOYAL MEDYA ANALİZ PUANI	SOYAL MEDYA PUAN TABLOSU/100	65,26	65,26	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (-1 DAHİL)					
	MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ PUANI	Müşteri İlişkileri Puan Tablosu	4,59	4,59						
				2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
VERİ GRUBU (USD)		REKLAM PAZARLAMA NET GİDERİ	32.631.000,00	26.123.000,00	19.695.000,00	13.172.000,00	6.684.000,00	19.661.000,00	98.305.000,00	
		MÜŞTERİ/TEDARİKÇİ SÖZLEŞME VARLIĞI	36.203.000,00	26.640.000,00	14.441.000,00	7.449.000,00	2.442.000,00	17.435.000,00	87.175.000,00	
		GENEL YÖNETİM GİDERLERİ	367.580.000,00	335.145.000,00	296.847.000,00	342.338.000,00	331.252.000,00	334.632.400,00	1.673.162.000,00	
İÇ SÜREÇLER BOYUTU	YÖNETİM GİDERLERİ DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Genel Yönetim Giderleri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-1,01	0,99	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR					
	ENVANTER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Hammade Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	16,48	16,48						
	DURAN VARLIKLARIN DEĞİŞİMİ (%) (GAYRİMENKUL,MAKİNE, TESİS, EKİPMAN)	(2022 Duran Varlık Toplamı - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-10,93	0,09						
	1 YILLIK STOK DEVİR HIZI	v[(5 Yıllık Ort Stok Devir Hızı (Yıllık Stok Yenileme Ortalaması)	2,81	2,81	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (-1 DAHİL)					
	1 YILLIK ORTALAMA PERSONEL BAŞINA CİRO	1 yıllık ort Personel Başına Ciro/1000	264,78	264,78						
	PERSONEL SAYISI	2022 Personel sayısı	2023,00	2023,00						
				2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
VERİ GRUBU (USD)		Envanter Değeri	133.160.000,00	111.110.000,00	116.670.000,00	92.890.000,00	137.830.000,00	118.332.000,00	591.660.000,00	
		Net Mülk Tesis Ekipman	107.720.000,00	129.830.000,00	123.980.000,00	103.610.000,00	100.820.000,00	113.192.000,00	565.960.000,00	
AR-GE ÖĞRENME BOYUTU	GELİŞTİRİLMİŞ/EDİNİLMİŞ YAZILIM/PROGRAM DEĞER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Geliştirilmiş-Edinilmiş Yazılım/Program Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Or	240,32	240,32	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR					
	EDİNİLMİŞ MARKA TESCİL DEĞER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Edinilmiş Marka Tescil Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	151,57	151,57						
	ARGE GİDERLERİ ORANI	5 Yıllık AR-GE Toplam Gideri / 5 Yıllık Toplam Yönetim Giderleri	19,32	19,32						
	2022 PATENT SAYISI	2022 Patent Sayısı	1358,00	1358,00	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (-1 DAHİL)					
	ÜRÜN ÇEŞİTLİLİK PUANI	Ürün Çeşitlilik Puanı	8,00	8,00						
				2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
	VERİ GRUBU (USD)		Edinilmiş-Geliştirilmiş Yazılım/Program Net Değeri	5.145.000,00	2.503.000,00	1.271.000,00	12.088.000,00	44.773.000,00	13.156.000,00	65.780.000,00
Marka Tescil Net Değeri			7.427.000,00	4.774.000,00	971.000,00	10.010.000,00	23.475.000,00	9.331.400,00	46.657.000,00	
AR-GE Giderleri			9.530.000,00	83.290.000,00	74.140.000,00	69.150.000,00	87.070.000,00	64.636.000,00	323.180.000,00	

Negatif değerli veriler oransal olarak 0'a yaklaştırılıp pozitif hale getirilmiştir.

3.3. B İŞLETMESİ VERİ ANALİZİ

Tablo 3.14: B işletmesi müşteri destek tablosu.

MÜŞTERİ DESTEK TABLOSU

KRİTER	VAR=1, YOK=0
Canlı destek	0
Teknik doküman	1,00
Müşteri rehberi	1,00
İade kabul	1,00
Min 1 yıl garanti	1,00
TOPLAM	4,00

Tablo 3.15: B işletmesi online müşteri platform tablosu.

ONLINE MÜŞTERİ PLATFORM TABLOSU				
PLATFORM	OYLAMA SAYISI	AĞIRLIK KATSAYISI	PLATFORM ORT PUANI	TOPLAM PUAN
Amazon	90,00	0,03	4,10	0,11
Featuredcustomers	3398,00	0,97	4,80	4,65
Trustradius	22,00	0,01	4,70	0,03
TOPLAM PUAN	3510,00	1,00		4,79

Tablo 3.16: B işletmesi müşteri ilişkileri tablosu.

KRİTER	PUAN
Online Platform Puanı	4,79
Müşteri Destek Puanı	4,00
Çoklu dil seçeneği (Maks 5)	5
TOPLAM	13,79
ORTALAMA	4,60

B işletmesi internet sayfasında 7 dil desteği olduğu görülmüştür. Analiz sonrası Müşteri İlişkileri Puanı 4,60 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.17: B işletmesi sosyal medya tablosu.

SOSYAL MEDYA PUANI (OCAK 2023-NİSAN 2023)				
Platform	Gönderi Sayısı	Paylaşım Sayısı	Etkileşim Sayısı (Beğeni + Yorum + Paylaşım)	TOPLAM PUAN
Twitter	128	70	1087	1285
Instagram	37	47	1391	1475
Facebook	21	15	213	249
LinkedIn	98	31	546	675
TOPLAM	284	163	3237	3684

Tablo 3.18: B işletmesi ürün çeşitlilik tablosu.

ÜRÜN ÇEŞİTLİLİK TABLOSU		VAR/YOK	SONUÇ
KRİTER			
Filament/Hammadde Üretimi		1	1
Kendi Yazılımı ve Yazılım Desteği		1	1
SLA (Stereolithography)		1	1
SLS (Selective Laser Sintering)		0	0
PJ (Photopolymer Jetting)/Material Jetting		1	1
SDL(Selective Deposition Lamination)		0	0
EBM (Electron Beam Melting)		0	0
DLP (Digital Light Processing)		1	1
FDM / FFF/ Ekstrüzyon		0	0
DMP (Direct Metal Printing) / SLM (Selective Laser Melting)		0	0
CJP (Colour Jet Printing)		0	0
SAF (Selective Absorption Fusion)		1	1
Diğer		1	1
Toplam			7

B işletmesi için Sosyal Medya Puanı 3684, Ürün Çeşitlilik Puanı 7 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.19: B işletmesi veri analiz tablosu.

FİNANSAL BOYUT	BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ					
	ÜRÜN SATIŞ GELİRİ DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Satış Geliri - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	7,82	7,82	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR				
	HİZMET(SERVİS) GELİR DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Hizmet Geliri - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	1,49	1,49					
	5 YILLIK GELİRE ORANLA NET KAR/ZARAR (%)	5 Yıllık Toplam Kar&Zarar / 5 Yıllık Toplam Gelir *100	-18,10	0,06					
	2022 LİKİDİTE ORANI	2022 likidite oranı (current ratio)	3,32	3,32	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (1 DAHİL)				
	2022 BORÇ/AKTİF ORANI	TOPLAM BORÇ/TOPLAM AKTİF VARLIK	0,01	0,01					
	BRÜT KAR DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Brüt Kar - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	-2,44	0,41					
			2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
VERİ GRUBU (USD)	SATIŞ GELİRİ		456.504.000,00	430.746.000,00	339.782.000,00	417.557.000,00	452.124.000,00	419.342.600,00	2.096.713.000,00
	HİZMET GELİRİ		206.733.000,00	205.334.000,00	181.035.000,00	189.662.000,00	199.359.000,00	196.424.600,00	982.123.000,00
	TOPLAM GELİR		663.237.000,00	636.080.000,00	520.817.000,00	607.219.000,00	651.483.000,00	615.767.200,00	3.078.836.000,00
	NET GELİR/ZARAR		-11.900.000,00	-10.850.000,00	-443.721.000,00	-61.980.000,00	-28.970.000,00	-111.484.200,00	-557.421.000,00
	ÜRETİM MALİYETİ		338.010.000,00	330.320.000,00	304.190.000,00	350.810.000,00	380.430.000,00	340.752.000,00	1.703.760.000,00
	BRÜT KAR		325.220.000,00	305.760.000,00	216.620.000,00	255.490.000,00	267.420.000,00	274.102.000,00	1.370.510.000,00

MÜŞTERİ PAZAR BOYUTU	BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ					
	REKLAM GİDER DAĞILIM ORANI (%)	5 Yıllık Ort. Reklam Pazarlama Net Gideri / 5 Yıllık Ort Toplam Genel Yönetim	2,19	2,19	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR				
	SÖZLEŞME VARLIK DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Müşteri ilişkileri Varlığı - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-66,00	0,02					
	HİSSE BAŞINA KAZANÇ BÜYÜMESİ (HBK) (%)	Son Yılın HBK Büyümesi	55,38	55,38					
	SOSYAL MEDYA ANALİZ PUANI	SOSYAL MEDYA PUAN TABLOSU/100	36,84	36,84	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (1 DAHİL)				
	MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ PUANI	Müşteri ilişkileri Puan Tablosu	4,60	4,60					
			2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
VERİ GRUBU (USD)	REKLAM PAZARLAMA NET GİDERİ		15.900.000,00	16.200.000,00	6.300.000,00	4.500.000,00	1.000.000,00	8.780.000,00	43.900.000,00
	MÜŞTERİ/TEDARİKÇİ SÖZLEŞME VARLIĞI		32.631.000,00	26.123.000,00	19.695.000,00	13.172.000,00	6.684.000,00	19.661.000,00	98.305.000,00
	GENEL YÖNETİM GİDERLERİ		334.071.000,00	325.391.000,00	675.390.000,00	339.240.000,00	333.626.000,00	401.543.600,00	2.007.718.000,00

İÇ SÜREÇLER BOYUTU	BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ					
	YÖNETİM GİDERLERİ DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Genel Yönetim Giderleri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-16,91	0,06	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR				
	ENVANTER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Hammade Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	29,91	29,91					
	DURAN VARLIKLARIN DEĞİŞİMİ (%) (GAYRİMENKUL MAKİNE, TESİS, EKİPMAN)	(2022 Duran Varlık Toplamı - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	1,28	1,28					
	1 YILLIK STOK DEVİR HIZI	1 Yıllık Ort Stok Devir Hızı (Yıllık Stok Yenileme Ortalaması)	2,30	2,30	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (1 DAHİL)				
	1 YILLIK ORTALAMA PERSONEL BAŞINA ÇİRO	1 yıllık ort Personel Başına Ciro/1000	315,95	315,95					
	PERSONEL SAYISI	2022 Personel sayısı	2062,00	2062,00					
			2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
VERİ GRUBU (USD)	Envanter Değeri		123.520.000,00	168.500.000,00	131.670.000,00	129.150.000,00	194.050.000,00	149.378.000,00	746.890.000,00
	Net Mülk Tesis Ekipman		188.150.000,00	210.640.000,00	222.530.000,00	217.950.000,00	213.190.000,00	210.492.000,00	1.052.460.000,00

AR-GE ÖĞRENME BOYUTU	BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ					
	GELİŞTİRİLMİŞ/EDİNİLMİŞ YAZILIM/PROGRAM DEĞER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Geliştirilmiş-Edinilmiş Yazılım/Program Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	18,40	18,40	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR				
	EDİNİLMİŞ MARKA TESCİL DEĞER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Edinilmiş Marka Tescil Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	24,29	24,29					
	ARGE GİDERLERİ ORANI	5 Yıllık AR-GE Toplam Gideri / 5 Yıllık Toplam Yönetim Giderleri	22,86	22,86					
	2022 PATENT SAYISI	2022 Patent Sayısı	1600,00	1600,00	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (1 DAHİL)				
	ÜRÜN ÇEŞİTLİLİK PUANI	Ürün Çeşitlilik Puanı	7,00	7,00					
			2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
VERİ GRUBU (USD)	Edinilmiş-Geliştirilmiş Yazılım/Program Net Değeri		62.725.000,00	46.964.000,00	97.740.000,00	127.541.000,00	103.932.000,00	87.780.400,00	438.902.000,00
	Marka Tescil Net Değeri		7.145.000,00	6.025.000,00	4.922.000,00	7.717.000,00	8.538.000,00	6.869.400,00	34.347.000,00
	AR-GE Giderleri		98.960.000,00	94.250.000,00	84.010.000,00	87.910.000,00	93.830.000,00	91.792.000,00	458.960.000,00

Negatif değerli veriler oransal olarak 0'a yaklaştırılıp pozitif hale getirilmiştir.

3.4. C İŞLETMESİ VERİ ANALİZİ

Tablo 3.20: C işletmesi müşteri destek tablosu.

MÜŞTERİ DESTEK TABLOSU

KRİTER	VAR=1, YOK=0
Canlı destek	0
Teknik doküman	1,00
Müşteri rehberi	1,00
İade kabul	1,00
Min 1 yıl garanti	1,00
TOPLAM	4,00

Tablo 3.21: C işletmesi müşteri ilişkileri tablosu.

KRİTER	PUAN
Online Platform Puanı	0,00
Müşteri Destek Puanı	4,00
Çoklu dil seçeneği (Maks 5)	3
TOPLAM	7,00
ORTALAMA	2,33

C işletmesi firmasına ait online platformlar üzerinde analize dahil edilecek kadar yeterli veri bulunamamıştır. İnternet sayfasında dil destek sayısı 3'tür. Müşteri İlişkileri Puanı 2,33 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.22: C işletmesi sosyal medya tablosu.

Platform	SOSYAL MEDYA PUANI (OCAK 2023-NİSAN 2023)			TOPLAM PUAN
	Gönderi Sayısı	Paylaşım Sayısı	Etkileşim Sayısı (Beğeni + Yorum + Paylaşım)	
Twitter	23	16	109	148
Instagram	8	15	159	182
Facebook	3	2	9	14
LinkedIn	16	11	81	108
TOPLAM	50	44	358	452

Tablo 3.23: C işletmesi ürün çeşitlilik tablosu.

ÜRÜN ÇEŞİTLİLİK TABLOSU		
KRİTER	VAR/YOK	SONUÇ
	0	0
Filament/Hammadde Üretimi	1	1
Kendi Yazılımı ve Yazılım Desteği	1	1
SLA (Stereolithograpy)	0	0
SLS (Selective Laser Sintering)	1	1
PJ (Photopolymer Jetting)/Material Jetting	1	1
SDL(Selective Deposition Lamination)	0	0
EBM (Electron Beam Melting)	0	0
DLP (Digital Light Processing)	0	0
FDM / FFF/ Ekstrüzyon	1	1
DMLS (Direct Metal Laser Sintering) / SLM (Selective Laser Melting)	1	1
CJP (Colour Jet Printing)	0	0
SAF (Selective Absorption Fusion)	0	0
Diğer	0	0
Toplam		6

C işletmesi için Sosyal Medya Puanı 452, ürün Çeşitlilik Puanı 6 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.24: C işletmesi veri analiz tablosu.

FİNANSAL BOYUT	BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ					
	ÜRÜN SATIŞ GELİRİ DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Satış Geliri - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	13,36	0,1	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR				
	HİZMET(SERVİS) GELİR DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Hizmet Geliri - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	9,08	9,08					
	5 YILLIK GELİRE ORANLA NET KAR/ZARAR (%)	5 Yıllık Toplam Kar&Zarar / 5 Yıllık Toplam Gelir *100	-48,44	0,02					
	2022 LİKİDİTE ORANI	2022 likidite oranı (current ratio)	1,01	1,01	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (-1 DAHİL)				
	2022 BORÇ/AKTİF ORANI	TOPLAM BORÇ/TOPLAM AKTİF VARLIK	0,03	0,03					
	BRÜT KAR DEĞİŞİMİ (&)	(2022 Brüt Kar - 5 Yıllık Ort.)/5 Yıllık Ort. * 100	4,38	4,38					
			2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
VERİ GRUBU (EURO)	SATIŞ GELİRİ		12.248.000,00	13.454.000,00	12.556.000,00	15.728.000,00	15.828.000,00	13.962.800,00	69.814.000,00
	HİZMET GELİRİ		13.761.000,00	11.148.000,00	9.011.000,00	9.098.000,00	12.004.000,00	11.004.400,00	55.022.000,00
	TOPLAM GELİR		26.009.000,00	24.602.000,00	21.567.000,00	24.826.000,00	27.832.000,00	24.967.200,00	124.836.000,00
	NET GELİR/ZARAR		-8.764.000,00	-14.231.000,00	-15.481.000,00	-10.586.000,00	-11.409.000,00	-12.094.200,00	-60.471.000,00
	ÜRETİM MALİYETİ		16.864.000,00	17.426.000,00	14.812.000,00	16.876.000,00	19.646.000,00	17.124.800,00	85.624.000,00
	BRÜT KAR		7.176.000,00	9.145.000,00	6.755.000,00	7.950.000,00	8.186.000,00	7.842.400,00	39.212.000,00
MÜŞTERİ-PAZAR BOYUTU	BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ					
	REKLAM GİDER DAĞILIM ORANI (%)	5 Yıllık Ort. Reklam Pazarlama Net Gideri / 5 Yıllık Ort Toplam Genel Yönetim	38,91	38,91	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR				
	SÖZLEŞME VARLIK DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Müşteri ilişkileri Varlığı - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-84,23	0,01					
	HİSSE BAŞINA KAZANÇ BÜYÜMESİ (HBK) (%)	Son Yılın HBK Büyümesi	8,10	8,10					
	SOSYAL MEDYA ANALİZ PUANI	SOSYAL MEDYA PUAN TABLOSU/100	4,52	4,52	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (-1 DAHİL)				
	MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ PUANI	Müşteri ilişkileri Puan Tablosu	2,33	2,33					
				2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA
VERİ GRUBU (EURO)	REKLAM PAZARLAMA NET GİDERİ		7.332.000,00	7.118.000,00	5.816.000,00	6.420.000,00	7.975.000,00	6.932.200,00	34.661.000,00
	MÜŞTERİ/TEDARİKÇİ SÖZLEŞME VARLIĞI		524.000,00	662.000,00	13.454.000,00	282.000,00	486.000,00	3.081.600,00	15.408.000,00
	GENEL YÖNETİM GİDERLERİ		18.707.000,00	20.084.000,00	19.919.000,00	16.794.000,00	13.568.000,00	17.814.400,00	89.072.000,00
İÇ SÜREÇLER BOYUTU	BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ					
	YÖNETİM GİDERLERİ DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Genel Yönetim Giderleri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-23,84	0,04	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR				
	ENVANTER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Hammade Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-9,24	0,11					
	DURAN VARLIKLARIN DEĞİŞİMİ (%) (GAYRİMENKUL MAKİNE, TESİS, EKİPMAN)	(2022 Duran Varlık Toplamı - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-19,38	0,05					
	1 YILLIK STOK DEVİR HIZI	1 Yıllık Ort Stok Devir Hızı (Yıllık Stok Yenileme Ortalaması)	1,52	1,52	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (-1 DAHİL)				
	1 YILLIK ORTALAMA PERSONEL BAŞINA CİRO	1 yıllık ort Personel Başına Ciro/1000	8,75	8,75					
	PERSONEL SAYISI	2022 Personel sayısı	253,00	253,00					
			2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA	TOPLAM
VERİ GRUBU (EURO)	Envanter Değeri		11.500.000,00	13.990.000,00	13.940.000,00	10.780.000,00	11.136.000,00	12.269.200,00	61.346.000,00
	Net Mülk Tesis Ekipman		31.640.000,00	30.690.000,00	29.090.000,00	26.970.000,00	22.760.000,00	28.230.000,00	141.150.000,00
ARGE-ÖĞRENME BOYUTU	BAŞARI KRİTERİ	FORMÜL	SONUÇ	DÜZELTİLMİŞ SONUÇ					
	GELİŞTİRİLMİŞ/EDİNİLMİŞ YAZILIM/PROGRAM DEĞER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Geliştirilmiş-Edinilmiş Yazılım/Program Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	-50,75	0,02	SONUÇ DEĞERİ NEGATİF İSE DEĞER 1'E BÖLÜNÜR VE MUTLAK DEĞERİ ALINIR				
	EDİNİLMİŞ MARKA TESCİL DEĞER DEĞİŞİMİ (%)	(2022 Edinilmiş Marka Tescil Değeri - 5 Yıllık Ort.)/ 5 Yıllık Ort. *100	0,00	0,10					
	ARGE GİDERLERİ ORANI	5 Yıllık AR-GE Toplam Gideri / 5 Yıllık Toplam Yönetim Giderleri	37,12	37,12					
	2022 PATENT SAYISI	2022 Patent Sayısı	578,00	578,00	SONUÇ DEĞERİ 0 İLE -1 ARASINDA İSE DEĞER 0.1 ALINIR. (-1 DAHİL)				
	ÜRÜN ÇEŞİTLİLİK PUANI	Ürün Çeşitlilik Puanı	6,00	6,00					
				2018	2019	2020	2021	2022	5 YILLIK ORTALAMA
VERİ GRUBU (EURO)	Edinilmiş-Geliştirilmiş Yazılım/Program Net Değeri		896.000,00	694.000,00	862.000,00	596.000,00	333.000,00	676.200,00	3.381.000,00
	Marka Tescil Net Değeri		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	AR-GE Giderleri		6.334.000,00	7.212.000,00	6.500.000,00	6.149.000,00	6.865.000,00	6.612.000,00	33.060.000,00

Negatif değerli veriler oransal olarak 0'a yaklaştırılıp pozitif hale getirilmiştir.

4. BULGULAR

Her 3 şirket için de tüm veriler işlenerek Dengelenmiş Skor Kart oluşturulmuştur. Oluşturulan Dengelenmiş Skor Kart Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1: 3 İşletme için hazırlanmış dengelenmiş skor kart.

				A İŞLETMESİ				B İŞLETMESİ				C İŞLETMESİ			
	GENEL AĞIRLIK/	YEREL AĞIRLIK	KRİTER	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK
FİNANSAL BOYUT	0,51	0,0617	ÜRÜN SATIŞ GELİRİ DEĞİŞİMİ (%)	0,1000	0,0125	0,0008	0,3294	7,8173	0,9750	0,0602	0,1487	0,1000	0,0125	0,0008	0,2473
		0,0465	HİZMET GELİR DEĞİŞİMİ (%)	0,0306	0,0029	0,0001		1,4939	0,1408	0,0065		9,0836	0,8563	0,0398	
		0,4124	5 YILLIK GELİRE ORANLA KAR/ZARAR (%)	0,4613	0,8589	0,3542		0,0552	0,1028	0,0424		0,0206	0,0384	0,0158	
		0,2563	2022 LİKİDİTE ORANI	5,5000	0,5595	0,1434		3,3200	0,3377	0,0866		1,5200	0,1027	0,0263	
		0,0843	2022 BORÇ/AKTİF ORANI	0,3500	0,8974	0,0757		0,0100	0,0256	0,0022		0,0300	0,0769	0,0065	
		0,1388	BRÜT KAR DEĞİŞİMİ (%)	0,0434	0,0090	0,0012		2,3300	0,0848	0,0118		4,3813	0,9062	0,1257	
KARŞILAŞTIRMA PUANI				0,5754				0,2096				0,2150			
	GENEL AĞIRLIK/	YEREL AĞIRLIK	KRİTER	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK
MÜŞTERİ BOYUTU	0,25	0,1384	REKLAM GİDER DAĞILIM ORANI (%)	5,8754	0,1251	0,0173	0,1745	2,1866	0,0465	0,0064	0,2809	38,9135	0,8284	0,1146	0,3443
		0,4872	SÖZLEŞME VARLIK DEĞİŞİMİ (%)	0,0116	0,3256	0,1586		0,0152	0,4266	0,2078		0,0119	0,2478	0,1207	
		0,0726	HİSSE BAŞINA KAZANÇ BÜYÜMESİ (HBK) (%)	0,0073	0,0001	0,0000		55,3800	0,8723	0,0633		8,1000	0,1276	0,0093	
		0,0399	SOSYAL MEDYA ANALİZ PUANI	65,2600	0,6121	0,0245		36,8400	0,3455	0,0138		4,5200	0,0424	0,0017	
		0,2620	MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ PUANI	4,5900	0,3984	0,1044		4,6000	0,3993	0,1046		1,2800	0,2023	0,0530	
		KARŞILAŞTIRMA PUANI				0,3047				0,3960				0,2993	
	GENEL AĞIRLIK/	YEREL AĞIRLIK	KRİTER	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK
İÇ SÜREÇLER-İŞLETME BOYUTU	0,13	0,0552	YÖNETİM GİDERLERİ DEĞİŞİMİ (%)	0,9899	0,9073	0,0500	0,2469	0,0591	0,0542	0,0030	0,3604	0,0420	0,0385	0,0021	0,0992
		0,1475	ENVANTER DEĞİŞİMİ (%)	16,4774	0,3544	0,0523		29,9053	0,6432	0,0949		0,1083	0,0023	0,0003	
		0,1237	DURAN VARLIKLARIN DEĞİŞİMİ (%)	0,0915	0,0642	0,0079		1,2818	0,8996	0,1112		0,0516	0,0362	0,0045	
		0,3136	1 YILLIK STOK DEVİR HIZI	2,8100	0,5054	0,1585		2,3000	0,3469	0,1088		1,5200	0,2293	0,0719	
		0,3132	1 YILLIK ORTALAMA PERSONEL BAŞINA CİRO	264,7800	0,4492	0,1407		315,9500	0,5360	0,1679		8,7500	0,0148	0,0046	
		0,0469	PERSONEL SAYISI	2023,0000	0,4663	0,0219		2062,0000	0,4753	0,0223		253,0000	0,0583	0,0027	
KARŞILAŞTIRMA PUANI				0,4313				0,5081				0,0862			
	GENEL AĞIRLIK/	YEREL AĞIRLIK	KRİTER	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK	DEĞER	ORANSAL AĞIRLIK	SONUÇ	REEL AĞIRLIK
ARGE-ÖĞRENİME BOYUTU	0,11	0,0635	EDİNİLMİŞ YAZILIM DEĞER DEĞİŞİMİ (%)	240,3238	0,9288	0,0590	0,2492	18,4000	0,0711	0,0045	0,2099	0,0197	0,0001	0,0000	0,3093
		0,1158	EDİNİLMİŞ MARKA TESCİL DEĞER DEĞİŞİMİ (%)	151,5700	0,8614	0,0997		24,2903	0,1380	0,0160		0,1000	0,0006	0,0001	
		0,2658	ARGE GİDERLERİ ORANI	19,3155	0,2436	0,0647		22,8598	0,2883	0,0766		37,1160	0,4681	0,1244	
		0,1158	2022 PATENT SAYISI	1358,0000	0,3841	0,0445		1600,0000	0,4525	0,0524		578,0000	0,1635	0,0189	
		0,4392	ÜRÜN ÇEŞİTLİLİK PUANI	8,0000	0,3810	0,1673		7,0000	0,3333	0,1464		6,0000	0,2857	0,1255	
		KARŞILAŞTIRMA PUANI				0,4352				0,2959				0,2689	

Tabloda yer alan tüm veriler için her boyut içerisinde yer alan tüm kriterlerin ve boyutların birbirlerine göre ağırlıkları hesaplanmıştır ve sonuçlar elde edilmiştir. Boyutların yüzdesel toplamaları %100, işletmelerin karşılaştırmaları da aynı şekilde toplam %100 olmuştur. Her boyut içerisinde kriterlerin de ağırlık toplamalarının %100 olduğu görülmüştür. Bu anlamda sayısal olarak tablonun tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

4.1. FİNANSAL BOYUT ANALİZİ

Finansal Boyutun genel hedef ağırlığı %51 olarak belirlenmiştir. Şirketlerin kendi içinde finansal ağırlıkları A işletmesi %32.94, B işletmesi %14.87, C işletmesi ise %24.73 olarak gerçekleşmiştir. Kendi aralarında karşılaştırma puanları A %57.54, B %20.96 ve C %21.50 olarak gerçekleşmiştir.

Bu noktada hiçbir şirketin kendi içerisinde finansal hedefe ulaşamadığını belirtebiliriz. Bu hedefe en yakın şirket A işletmesi olmuştur.

Dengelenmiş Skor Kart incelendiğinde özellikle Likidite Oranı ve Borç/Aktif oranlarında A şirketinin ön planda olduğunu görülmektedir. Son 5 yıllık ortalamada tüm şirketler net zarar açıklamıştır ancak A işletmesi bir noktada aktif varlıklarını güçlü noktada tutmaktadır. Her ne kadar toplam satış geliri ve brüt kar oranında B işletmesi daha etkin ve iyi gözükse de veri analiz tablosu incelendiğinde üretim maliyetlerinin nispeten çok daha fazla arttığı görülmektedir. C firması ise satış rakamları anlamında oransal olarak A ile yakın seviyededir. Satış gelirleri benzer şekilde artmaktadır ancak şirket likidite oranında daha düşük seviyede kalmaktadır ki AR-GE ve Reklam giderleri oranında artışa bağlı olarak şirketin bu kapsamda yatırımlara ağırlık verdiği görülmektedir.

4.2.MÜŞTERİ BOYUT ANALİZİ

Müşteri Boyutunun genel hedef ağırlığı %25 olarak belirlenmiştir. Şirketlerin kendi içinde müşteri ağırlıkları A işletmesi %17.45, B işletmesi %28.09, C işletmesi ise %34.43 olarak gerçekleşmiştir. Kendi aralarında karşılaştırma puanları A %30.47, B %39.60 ve C %29.93 olarak gerçekleşmiştir.

Müşteri boyutunda şirket içerisinde en çok ağırlığı veren C olmuştur ve genel hedef olan %25'i geçmiştir. Ancak toplam değerlemede B işletmesi karşılaştırma olarak en çok ağırlık puanını

almıştır. Özellikle yatırım anlamında müşterilerine ve paydaşlarına karlılık oranında diğer şirketlere nazaran daha çok önem vermiştir. %28 ile hedef değer %25'e çok yakın oranda yaklaşmıştır. C firmasının satışları arttırmak, büyüme hedefini geliştirmek ve Pazar payını arttırmak için bu boyuta önem verdiği ve ağırlığını bu noktada çoğalttığı görülmektedir. Ancak Sosyal Medya ve Müşteri İlişkileri Puanı kontrolünde halen diğer firmalara nazaran geride kaldığı görülmektedir. A işletmesi her ne kadar %17 ile kendi içinde ağırlığını müşteri boyutuna vermese de genel karşılaştırmada C ile aynı seviyede olduğu görülmektedir. Bu bağlamda A şirketinin sabit müşteri kapasitesinin zaten belirli oranda olduğu, pazar payına güvendiği ve bu boyutta ağırlığı aşağı çektiği ortaya çıkmaktadır.

4.3. İÇ SÜREÇLER BOYUT ANALİZİ

İç Süreçler Boyutunun genel hedef ağırlığı %13 olarak belirlenmiştir. Şirketlerin kendi içinde iç süreç ağırlıkları A işletmesi %24.69, B işletmesi %36.04, C işletmesi ise %9.92 olarak gerçekleşmiştir. Kendi aralarında karşılaştırma puanları A %43.13, B %50.81 ve C %8.62 olarak gerçekleşmiştir.

Bu boyutta hedefine ulaşamayan tek şirket C işletmesi olmuştur. Stok yenileme hızı nispeten yavaştır, gayrimenkul ve tesis gibi varlıkların değişim oranında diğer şirketlere yakındır ancak asıl gösterge 2022 yılı için envanter değişiminde görülmektedir. A ve B şirketlerinin özellikle 2022 yılı için hammadde ve bitmiş mamul stoğu yaptığı tespit edilmiştir. Muhtemeldir ki yaşanabilecek bir küresel krizde bu tutum onları güçlendirecektir. Bu kapsamda en güçlü şirket B olmuştur.

4.4. ÖĞRENME VE AR-GE BOYUT ANALİZİ

Öğrenme ve AR-GE Boyutunun genel hedef ağırlığı %11 olarak belirlenmiştir. Şirketlerin kendi içinde öğrenme ağırlıkları A işletmesi %24.92, B işletmesi %20.99, C işletmesi ise %30.93 olarak gerçekleşmiştir. Kendi aralarında karşılaştırma puanları A %43.52, B%29.59 ve C %26.89 olarak gerçekleşmiştir.

Bu noktada gerçekten önemli bir veriye ulaşılmıştır. Tüm şirketler Öğrenme ve AR-GE boyutunda hedefleri fazlasıyla aşmaktadır ve ağırlıklarını bu noktada arttırmaktadırlar. Bu durum bize 3BB teknolojisinin halen ne kadar gelişime açık olduğunu, işletmelerin bu hususta gerekli atılımları yaptıkları görülmektedir.

C işletmesi kendi içerisinde en çok ağırlığı veren şirket olmuştur. Karşılaştırmalı puanlarda ise B işletmesi ile C işletmesi çok yakın olmasına rağmen A işletmesi önde gözükmektedir. Özellikle edinilen teknoloji konusunda büyük bir yatırım yaptığı gözükmektedir. Ancak bütün şirketlerin bu noktada fazlasıyla yatırım yaptıkları söylenebilir.

Tablo 4.2: En iyi seçeneğin belirlenmesi.

ALTERNATİFLER	SEÇİM	ORAN	DEĞER
A	1	0,368119	0,210354
B	0,88739	0,326665	0,186666
C	0,829123	0,305216	0,174409

Dengelenmiş Skor Kart verilerinin AHP analizi Excel ve Super Decision programları üzerinde yapılmıştır ve analiz sonrası tercih A işletmesi olmuştur. A şirketini pazar payı yakın olan en önemli rakibi B işletmesine kıyasla tespit edildiği kadarıyla güçlü aktif varlığı ve büyük teknoloji yatırımları öne çıkarmaktadır. Ancak B şirketi de aynı bakış açısıyla teknolojik yatırımlara devam etmektedir. Özellikle envanter stokları konusunda öne çıkmaktadır. Her iki şirket de 3BB pazarının en köklü firmalarındandır ve patent konusunda 1000'in üzerinde patentlere sahiptirler. Burada belirtmek gerekir ki patentlerin koruma süresi 20 yıldır, bu nedenle koruma süresi bittiğinde ürünlerin kullanım hakları serbest kalır. Bu nedenle firmalar yeni patent başvurularına önem vermektedir. C firması ise rakiplerine oranla daha yeni firma olmasına rağmen AR-GE ve reklam giderleri artışında büyük atılım yapmaktadır ve finans boyutunda B işletmesine göre daha stabil durmaktadır. Ancak ürün çeşitliliği anlamında geride kalmaktadır. A ve B firmaları da pazar büyüklüğü, aktif varlık gücü ve geçmiş yıllardaki patent ve marka tescillerinin ağırlığıyla piyasada yerlerini sağlamlaştırmışlardır.

3 şirket de 5 yıllık ortalama da brüt karlarını arttırıyor olsa da üretim maliyetlerinin artması ve diğer yatırımlarının çoğalması nedeniyle zarar açıklamaktadırlar. Buna nakliye maliyetlerinin artması, küresel ekonomik sıkıntıların çoğalması, devam eden ülkeler arası gerginlikler ve ekonomik belirsizlikler gibi nedenler sayılabilir. Bunu gören şirketler karlılıklarından ziyade bu süreçte güçlü kalmaya çalışmaktadırlar.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde çalışma kapsamında elde edilen bulgular, literatür taraması sonucu elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. İşletmelerin performans değerlendirmeleri için lojistik, bankacılık ve petrokimya sektörlerinde AHP kullanılarak oluşturulmuş BSC uygulamaları analiz edilmiş, yapılan literatür taramasında 3BY firmaları özelinde karşılaştırma yapılabilecek bir BSC uygulamasına rastlanılmamıştır.

BSC boyutlarının önceliği açısından AHP kullanılarak yapılan çalışmalar esas alındığında Dinçer ve diğ. (2017) ile Özyörük ve diğ. (2014) tarafından Finans en önemli boyut olarak tespit edilmiş, onu sırasıyla Müşteri, İç süreçler ve Öğrenme-ARGE boyutları izlemiştir. Balsera ve diğ. (2017) ile Eskandari ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmalarda ise Müşteri boyutu en önemli boyut olarak yer almış, onu sırasıyla Finans, İç süreç ve Öğrenme-ARGE boyutları izlemiştir. Bu anlamda çalışma kapsamında elde edilen boyut sıralaması literatür taraması sonucu elde edilen verilerle benzerlik göstermektedir.

Boyutların alt kriterleri seçiminde finansal boyutta karlılık, gelir değişimi ve likidite oranları genel olarak alt kriter olarak belirlenmiştir. Müşteri boyutunda ise müşteri artışı veya müşteri varlık değişiminin ortak kriter olduğu tespit edilmiştir. İç süreçler boyutu için stok devir hızı ve envanter/duran varlık verileri Dinçer ve diğ. (2017) ile Eskandari ve diğ. (2013) tarafından alt kriter olarak alınmıştır. Öğrenme ve ARGE boyutunda ise teknolojik verilerin genel olarak kabul görmüş kriter olduğu tespit edilmiştir.

Performans seçimi için finans ve müşteri boyutlarına şirketlerin verdiği önemin onları rakiplerine kıyasla daha öne çıkardığı görülmektedir. Ancak önemli olsa da bir boyuta gerekenden fazla ağırlık vermenin diğer boyutları aşağı çekerek seçimi olumsuz etkilediği tez kapsamında ele alınmıştır. Örnek olarak Özyörük ve diğ. (2014) tarafından yapılan çalışmada lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmalar AHP uygulaması ile BSC üzerinde incelenmiş ve finans boyutuna diğer firmalara kıyasla daha çok ağırlık veren firma yerine diğer boyutlarla beraber beklenen ortalamalara yakın ağırlık veren firmanın tercih edildiği görülmüştür. Bu tez kapsamında da finans boyutunda istenilen seviyeyi hiçbir firmanın aşmadığı ancak beklenen boyut ağırlığına en yakın olan A firmasının seçildiği görülmektedir. Diğer boyutlarda da özellikle iç süreç boyutlarında beklenen ağırlığı fazlasıyla aşan B firmasından ziyade boyutlar içinde beklenen ağırlıklara en yakın değeri veren A firması seçimde öne çıkmıştır.

Heshmati ve diğ. (2014) tarafından yapılan çalışmada ise petrokimya sektöründe yer alan işletmeler, finans boyutu özelinde AHP kullanılarak BSC ile değerlendirilmiştir. Çalışmada firmalara ait likidite oranı, borç/aktif oranı gibi finansal oranların performans değerlendirmede önemleri ele alınmıştır. Bu tez çalışmasında da sadece gelire endeksli değil de likidite oranlarını ve borç/aktif dengesini en ideal seviyede tutmaya çalışan A ve B firmalarının seçimde öne çıktığı görülmüştür.

Dinçer ve diğ. (2017) tarafından belirlenmiş bankalara ait 6 yıllık veriler incelenerek performans analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmada özellikle müşterilere yeni ürün ve farklı imkânlar sunmanın rekabet avantajı sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma kapsamında müşteri boyutunda ele alınan yeni ürün ve hizmet kriteri, bu tez çalışmasında ARGE-Öğrenme boyutu içerisinde Ürün Çeşitlilik Puanı olarak belirlenmiş ve boyut içerisinde en çok ağırlığı almıştır. Bu noktada her ne kadar farklı boyutta değerlendirilse de ürün çeşitliliğinin, rekabet avantajı getirmede önemi konusunda benzer sonuca ulaşılmıştır.

Öğrenme-ARGE boyutu diğer çalışmalara paralel olarak boyutlar arasında önem sırası açısından genellikle son sırada gelmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında tüm firmaların bu boyuta beklenen ağırlık seviyesinin çok üzerinde önem verdiği görülmüştür. Bunun nedeni 3BB pazarının diğer pazarlara kıyasla daha yeni ve teknolojik gelişmelere daha açık olmasıdır.

3BB teknolojisi özellikle prototip üretiminde ve özel parça üretiminde kullanılmaktadır ve 3BB pazarı için düzenli bir nakit akışının olmadığı bu nedenle seri üretime yaklaşabilecek teknolojik gelişimler için yatırımların büyük hızla devam ettiği tespit edilmiştir. Breitenecker ve diğ. (2020), 3BB teknolojisinin henüz geleneksel üretim yöntemlerinin yerini alacak durumda olmadığını, küresel anlamda yeterli ilgiyi halen tam olarak görmediğini, pazarın kırılgan ve çok dalgalı olması sebebiyle yeni firmaların büyük zorluklar yaşadığını belirtmektedir. Ayrıca bu pazarda yer alan işletmelerin genellikle standart ölçüler kullanmasının pazar açısından büyük bir dezavantaj oluşturduğunu ifade etmektedir. Firmalar çok çeşitli ama benzer ürünler yerine fark yaratacak ürünlere yönelmelidir. Diğer taraftan endüstriyel üretimde kullanılan DMLS metal yazıcıların satışı her geçen gün artmakta, pazar seri ve endüstriyel üretime doğru önemli bir gelişim göstermektedir.

Bir diğer önemli konu, belirli parçalar için 3BY alımından ziyade bu parçaların hizmet sağlayıcılar tarafından basılmasına olan talebin artmasıdır (Oak, 2020). Bu husus 3BY kiralama

ve ürün basımı hizmeti veren firmalar için rakiplerine göre üstünlük kurmasını sağlamaktadır. Ayrıca patent ücretlerinin yüksekliği rakip firmaları büyük oranda etkilemektedir ve geliştirici firmaya avantaj sağlamaktadır (Collan & Savolainen, 2020). Bu noktada teknolojik gelişimlere olan yatırımların ve patent ediniminin önemini bir kez daha vurgulamakta fayda vardır.

Bununla beraber ölçek ikilemini birçok alanda gidermiştir ve hızlı prototipleme, müşterinin direk talebi veya müdahalesi, çevrimiçi üretim, geleneksel yöntemlere göre aynı ürünü daha hafif üretme ve maliyetleri belirli alanlarda düşürme konusunda çok aşama kaydedilmiştir. Ituarte ve diğ. (2017) tarafından da bu çalışma ile aynı paralelde, öngörülemeyen talep modelleri, lojistik akış optimizasyonunun karmaşıklığı, daha kısa sürede ürün geliştirme döngülerine ulaşma çabası 3BB teknolojisinin önünde yer alan en önemli zorluklar olarak ifade edilmiştir. Ayrıca 3BB pazarının yeni bir ekosisteme geçiş aşamasında olduğu belirtilmiştir.

Sonuç olarak denilebilir ki 3BB piyasası işletmelerinin sabit satış geliri yoktur, firmaların stok devir hızı istenilen seviyede değildir, üretim maliyetleri artmaktadır ve genel olarak yeni müşteri kazanımı zordur. Diğer taraftan 3BB pazar büyüklüğü her yıl artmaktadır, 3BB teknolojisi gelişime oldukça açıktır, her geçen gün yeni gelişmeler yaşanmaktadır ve 3BB teknolojisi şüphesiz ki çağımızın en önemli üretim atılımlarından biridir. Özellikle bireylerin üretim süreçlerinde yer alması bu teknolojiyi bir adım daha öne çıkarmaktadır. Medikal alanda gösterilen başarı şuan için 3BB teknolojisinin lokomotif konumundadır. Ayrıca niş ürünlerin kullanıldığı, özel parça imalatlarının olduğu otomotiv ve havacılık gibi alanlarda da talep her geçen gün artmaktadır.

İleride 3BB işletmeleri veya 3BY'lar için yapılacak performans değerlendirmelerinde sabit satış gelirinin edinildiği alan veya yazıcılar pazar için önemli bir gösterge olacaktır. Ayrıca seri üretime olanak sağlayan veya seri üretim bantlarında yer alan 3BY'ların üretimi gerçekleşirse bu yazıcılar özelinde diğer ürünlere kıyasla 3BB pazarına katkılarının incelenmesinin büyük ilgi göreceği değerlendirilmektedir.

Pazara giriş olarak yapılan değerlendirmede ise 3BB teknolojisinin daha çok gelişeceği ve hayatımıza daha çok gireceği ancak bu teknolojinin diğer tüm gelişmelerle paralel ilerlemek durumunda olduğu söylenebilir. Girişimcilerin başlangıç için basit ve düşük bütçeli yazıcılarla sabit satış geliri beklentisi yerine özel nitelikli ve etkin sektörlerle ağırlık veren belirli 3BY'ların üretimini esas alması daha doğru olacaktır.

KAYNAKLAR

- Arslan, T., 2010, Analitik hiyerarşi süreci yöntemiyle strateji seçimi: Süleyman Demirel iktisadi ve idari bilimler fakültesinde bir uygulama, *Süleyman Demirel iktisadi ve idari bilimler dergisi*, 15(2), 455-477.
- Bakkalbaşı, E., Cavidoğlu, İ., Topuz, F.C., 2018, The current status, developmetn and future aspects of 3D printer technology in food industry, *International journal of 3d printing Technologies and dijital industry*, 2(3), 66-73.
- Balcıoğlu, Y.S., 2014, *3 boyutlu yazıcı ve sinemada kullanımı*, Yüksek Lisans, Yaşar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Balsera, J.V., Fernandez, F.O., Montequin, V.R., Perez, C.A., 2017, Integrating analytic hierarchy process (ahp) and balanced scorecard (bsc) framework for sustainable business in a software factory in the financial sector, *Sustainability*, 9(4), 486.
- Basiliere, P., Shanler, M., 2019, Hype cycle for 3d printing, <https://www.gartner.com/en/documents/3947508>, [Ziyaret tarihi: 7 Ekim 2022].
- Bharat, R., Matias, E., 2015, 3D printing: on its historical evolution and the implications for business, *Proceedings of PICMET 15*, 2-6 August 2015, Portland, IEEE, ISBN: 9781479917679, 551.
- Beaman, J., Bourell, D., Leu, M., Rosen, D., 2009, A brief history of additive manufacturing and the 2009 roadmap for additive manufacturing: looking back and looking ahead, *US-Turkey workshop on rapid technologies*, 24 September 2009, İstanbul.
- Breitenecker, J.,R., Gregori, P., Holzmann, P., Schwarz, E.J., 2020, Business model design for novel technologies in nascent industries: An investigation of 3D printing service providers, *Technological forecasting & social change*, 159.
- Chu ,E., France, A.K., Mohammadi G., Couden, C., 2014, *3D printed gallery*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 16., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.
- Collan, M., Savolainen, J., 2020, Industrial additive manufacturing business models—What do we know from the literature?, <https://www.researchgate.net/publication/343259395>, [Ziyaret tarihi: 15 Aralık 2022].
- Dellman, K., Saaty, T., L. Vargas, Luis, G., 2003, The allocation of instangible resources: the analytic hierarchy process and linear programming, *Socio-Economic Planning Sciences*, 37, 169–189.
- Deutsch, S., 2014, *Industrial materials and methods*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 9, Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.

- Dincer, H., Hacıoğlu, Ü., Yüksel, S., 2017, Türk bankacılık sektöründe dengeli skorkart temelli yeni hizmet geliştirme yetkinliğinin bulanık mantık çerçevesinde hibrit çok kriterli karar verme yöntemiyle karşılaştırmalı analizi, *Bankacılar dergisi*, 103, 3-33.
- Duman, B., Kayacan, M.C., 2017, Doğrudan metal lazer sinterleme/ergitme yöntemi ile imal edilecek parçanın mekanik özelliklerinin tahmini, *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 7, 13-15
- Edgar J., 2015, Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping and direct digital manufacturing, *Johnson Matthey Technology Review*, 59(3), 193-198.
- Eke, T.E., 2019, *Mobilya tasarım ve üretiminde 3 boyutlu yazıcı teknolojisi*, Yüksek Lisans, Marmara Üniversitesi İç Mimarlık Ana Sanat Dalı.
- Eskandari, M.J., Kamfiroozi, M.H., Roudabr, N., 2013, Banks' performance evaluation model based on the balanced score card approach, fuzzy Dematel and analytic network process, *International journal of information, security and systems management*, 2(2), 191-200.
- France, A.K., 2014, *White chocolate skulls in PLA trays*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 21., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.
- Fortune Business Insight, 2021, Market research report, internet of things, <https://www.fortunebusinessinsights.com/enquiry/request-sample-pdf/internet-of-medical-things-iomt-market-101844/>, [Ziyaret tarihi: 12 Ocak 2023].
- Gaget, L., 2018, Interview: meet one of the 3d printing creators, Jean-Claude Andre, <https://www.sculpteo.com/blog/2018/10/10/interview-meet-one-of-the-3d-printing-creators-jean-claude-andre/>, [Ziyaret tarihi: 12 Kasım 2022].
- Gibson, I., Rosen, D.W., Stucker B., 2015, *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping and direct digital manufacturing*, 2nd ed., Springer, New York, 3-5.
- Gornett, T., Wohlers, T., 2015, Wohlers report 2015: History of additive manufacturing, <https://wohlersassociates.com/wp-content/uploads/2022/08/history2015.pdf> , [Ziyaret tarihi: 26 Kasım 2022].
- Griffin, M., Mets, M., 2014, *Software for 3D printing*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 3., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10 : 1457182939.
- Groover, M.P., 2010, *Fundamentals of modern manufacturing: Materials, process and systems*, 4th ed., John Wiley & Sons Inc, USA, ISBN: 978-0470-467002.
- Holbrook, S., 2014, *The promise of 3D printing, printing the world on your desktop*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 15., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.
- Heshmati, M.R., Ramezani, I., Shaverdi, M., 2014, Application of fuzzy ahp approach for financial performance evaluation of Iranian petrochemical sector, *Procedia Computer Science*, 31, 995-1004.

- Ituarte, I.J., Khajavi, S.H., Salmi, M., 2017, *Current and future business models for 3D printing applications*, 3D printing, intellectual property and innovation: Insights from law and technology, In: Ballardini, R.M. (ed.), Norrgard, M. (ed.), Partanen, J. (ed.), Chapter 2, Kluwer Law International, ISBN: 9789041183828.
- Jakus, A., Shah, R.N., 2016, Multi and mixed 3D-printing of graphene-hydroxyapatite hybrid materials for complex tissue engineering, *Journal of biomedical materials research*, Part A, 274-282.
- Jakus, A.E., 2019, *An introduction to 3D printing-past, present and future promise*, 3D Printing in Orthopaedic Surgery, In: Dipaola, M. (ed.), Wodjo, F.M. (ed.), Chapter 1, Elsevier, UK, ISBN: 978-0-323-58118-9.
- Jordan, C., Holbrook, S., France, A.K., 2014, *Service providers*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 11., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.
- Jordan, C., Weinhoff, E., 2014, *3D Printing Resources*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter A., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.
- Ragan S., Stultz M., 2014, *Plastics for 3D printing*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 8., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10 : 1457182939.
- Kaplan, R.S., Norton, D.P, 1996, Using the balanced scorecard as a strategic management system, *Harvard business review*, 74(1), 75- 85
- Kaplan, R.S., Norton, D.P, 2000, *The strategy-focused organization: how balanced scorecard companies thrive in the new business environment*, Harvard Business School Press, Boston.
- Karagöz, Y., Mesci, M., Yıldız, S.M., 2010, Performans değerlendirme ve süreç yönetim aracı balanced scorecard'ın boyutlarına katılım düzeyi: küçük ve orta ölçekli sanayi işletmelerinde bir araştırma, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(3), 1-22.
- Karakuş G., Zerenler M., 2017, Ürün ve süreç yeniliğinin işletme performansına etkisi: bir vaka çalışması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 305-331.
- Kiniry, L. 2014, *Desert Manufacturer*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 18., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.
- Mack, K.C, 2014, *Dream Machine*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 17., Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.

- Oak, R., 2020, 3D Printing industry – market overview report, <https://rajoak.com/wp-content/uploads/2020/07/The-3-D-Printing-Industry-Market-Overview-report.pdf>, [Ziyaret tarihi: 5 Ocak 2023].
- Overstreet, M., 2014, How I printed a humanoid, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 19, Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.
- Owad, T., 2014, *Milling 3D Objects, The takeaway on subtractive vs. additive fabrication*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 20, Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10: 1457182939.
- Özkan, D.Ç., 2019, Hızlı prototipleme teknolojisinin gelişimi, çeşitleri ve imalat sektöründe sağladığı avantajlar, *Mühendis ve makina*, 697, 34-41.
- Özyörük, B., Saraç, M.A., Şanver, M., Şirin, Y., Yoksulabakan T., 2014, Performans ölçümünde dengelenmiş skor kart ve analitik hiyerarşi prosesi entegrasyonu, *Türk bilim araştırma vakfı bilim dergisi*, 7(1), 7-8.
- Saaty, T., 1986, Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, 32(7), 841- 855.
- Sağır, M., Saraç, T., Tutumlu, B., 2021, Mavi yaka performans değerlendirmesinde kullanılacak ölçütlerin belirlenmesi için AHP temelli bir matematiksel model, *Pamukkale üniversitesi mühendislik bilimleri dergisi*, 28(1), 173-182.
- Soydan, S., 2006, Süreç yönetimi ve iyileştirme üzerine bir uygulama, Yüksek lisans, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019, Üretimde paradigma değişikliği, artırimsal üretim, üç boyutlu yazıcılar, *Strateji ve Bütçe Başkanlığı yayını*, 0007, ISBN: ISBN 978-605-7519-55-9.
- Türker, M., 2018, İşletmelerin büyüme stratejilerinde muhasebe-denetim ekseninde mali kontrol ve yönetim, *Muhasebe ve denetime bakış*, 55, 85-118
- Yaşar, Ş.R., 2016, Dengeli puan kartıyla performans ölçümü: bir denetim şirketi uygulaması, *Muhasebe ve finansman dergisi*, 70, 193-212.
- Yıldıztepe, B., 2022, İç mekân ve çevre tasarım elemanlarında sürdürülebilir ham maddeler ile 3 boyutlu yazıcıların kullanımı, *Sürdürülebilir mühendislik uygulamaları ve teknolojik gelişmeler dergisi*, 5(1), 108-114.
- Walters, P., Thirkell, P., 2007, New technologies for 3D realization in art and design practice, *Artifact*, 1(4), 232-245.
- Weinhoffer, E., 2014, *Getting started with Slic3r*, Make:3D printing - the essential guide to 3D printers, In: France, A.K. (ed.), Chapter 5, Make Community LLC, Kaliforniya, ISBN-10 : 1457182939.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ömer EVİN
Doğum Yeri	-
Doğum Tarihi	-
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
E-Posta Adresi	-
Web Adresi	-

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Deniz Harp Okulu
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Gemi İnşa ve Gemi Makineleri Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	-

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Enformatik
Programı	Enformatik

Makale ve Bildiriler	
Evin Ö., Gülseçen S., 2020, İnsansız deniz araçları ne kadar insansız olabilir?, 7. Uluslararası bilişim sistemleri konferansı, 9-11 Aralık İzmir.	