

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

**3B YAZICILAR İÇİN ELEKTRİK KESİNTİLERİNDE UYGULANACAK
UZAKTAN KONTROLLÜ SİSTEM TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HELAL SALEH HUSSEIN AL-HADHEQ
(163111016)**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. MUSA ATAŞ

**HAZİRAN-2019
SİİRT**

TEZ KABUL VE ONAYI

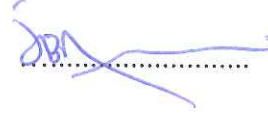
Helal Saleh Hussein AL-HADHEQ tarafından hazırlanan “3B Yazıcılar İçin Elektrik Kesintilerinde Uygulanacak Uzaktan Kontrollü Sistem Tasarımı” adlı tez çalışması 21/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliğiyle Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. İbrahim Berkan AYDİLEK



Danışman

Doç. Dr. Musa ATAŞ



Üye

Dr. Öğr. Üyesi Melih KUNCAN



Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Doç. Dr. Fevzi HANSU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖN SÖZ

Bu tez çalışması esnasında sürekli yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Musa ATAŞ ve Dr. Bashar Alhaj AHMAD'e teşekkürlerimi sunarım.

Helal Saleh Hussein AL-HADHEQ
SİİRT-2019



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖN SÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xii
1. Giriş.....	1
1.1 Üç Boyutlu Baskı	2
1.2. Üç Boyutlu Baskı Teknolojisinin Özellikleri.....	5
1.3. Üç Boyutlu Yazıcının Kullanım Alanları	6
1.4. Araştırmanın Önemi.....	8
1.5. Araştırmanın Varsayımları.....	9
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
2.1. 3B Yazıcıların Tarihsel Gelişimi	11
2.1.1. Seksenli Yıllar: Üç Boyutlu Baskı İçin Üç Temel Tekniğin Doğuşu.....	12
2.1.2. Doksanlı Yıllar: Temel Üç Boyutlu Yazıcıların Ortaya Çıkışı, İmalat Şirketlerinin Kurulması ve CAD Tasarım Yazılımı Yapılması	14
2.1.3. İki Binli Yılların İlk Onu: Üç Boyutlu Baskı Medyanın İlgisini Çekiyor.....	16
2.1.4. İki Binli Yılların İkinci Onu: Üç Boyutlu Yazıcı Vizyonunun Genişletilip Buluşların Yapıldığı Yıllar	18
2.2. Üç Boyutlu Baskıda Kullanılan Teknoloji Türleri.....	23
2.2.1. Vat Photopolymerisation	25
2.2.1.1. Stereolithography (SLA).....	25
2.2.1.2. Direct Light Processing (DLP)	27
2.2.1.3. Continuous DLP (CDLP)	29
2.2.2. Powder Bed Fusion.....	29
2.2.2.1. Selective Laser Sintering (SLS).....	30
2.2.2.2. Selective Laser Melting (SLM) and Direct Metal Laser Sintering (DMLS)	31
2.2.2.3. Electron Beam Melting (EBM).....	32
2.2.2.4. Multi Jet Fusion (MJF)	34
2.2.3. Material Extrusion	35
2.2.3.1. Fused Deposition Modeling (FDM)	36
2.2.3.2. Glass 3D Printing (FDM)	36
2.2.4. Material Jetting	37
2.2.4.1. Material Jetting	38
2.2.4.2. Nano Particle Jetting (NPJ).....	38
2.2.4.3. Drop-On-Demand (DOD).....	39

2.2.5. Binder Jetting	39
2.2.5.1. Binder Jetting	40
2.2.6. Directed Energy Deposition	41
2.2.6.1. Laser Engineered Net Shape (LENS)	41
2.2.6.2. Electron Beam Additive Maufacture (EBAM)	42
2.3. Üç Boyutlu Baskı Adımları.....	42
3. MATERYAL VE METOT.....	45
3.1. Araştırmanın Varsayımları.....	45
3.2. Araştırmada Kullanılan Malzemeler	45
3.3. Çalışma Yöntemi.....	46
3.3.1. Mevcut 3B Yazıcı Sisteminin İşleyişi	48
3.3.1.1. G-CODE Dosya Komutlarının Okunuşu	49
3.3.1.2. Komutları İşleme	49
3.3.2. Yeniden Başlama Sistemi (Kaldığı Yerden Devam Etme).....	51
3.3.2.1. Verilerin Depolanma Yöntemi.....	53
3.3.2.2. Önceki basımın durumunu öğrenmek.....	55
3.3.2.2.1. Normal Konum.....	56
3.3.2.2.1.1. Dosya Adı ve Adresinin ROM Belleğe Kaydedilmesi	56
3.3.2.2.1.2. Dosya Okumak İçin Başka Bir Adres Kaydı	57
3.3.2.2.1.3. Baskı İşlemi Bittikten Sonra ROM Belleğinin Sıfırlanması	60
3.3.2.2.2. Yeniden Başlama Konumu.....	62
3.3.2.2.2.1. Yeniden Başlama Ekranının Sunumu	62
3.3.2.2.2.1.1. Yeniden Başlama Komutunun İptal Edilmesi	63
3.3.2.2.2.1.2. Yeniden Başlama Komutuna Onay Verilmesi.....	63
3.3.2.2.2.2. Yeniden Başlama Noktasını ROM Belleğinden Çağırma.....	64
3.3.2.2.2.3. Yeniden Başlama İşleminin Başlangıcı	65
3.3.2.2.2.3.1. G-code Komutlarının İşlevi	65
3.3.2.2.2.3.2. Yeniden Başlama Noktasına Sıçrama.....	67
3.4. Uzaktan Kontrol Sistemi	69
3.4.1. Üç Boyutlu Yazıcının Programlanması	71
3.4.1.1. Yazıcıdan ESP Kartına Sinyal Gönderilmesi.....	71
3.4.1.2. Yeniden Başlama Komutu Sinyalini Alma ve Yeniden Başlama İşlemi. 72	
3.4.2. ESP8266 İşlem Kartının Programlanması	73
4. BULGULAR Ve TARTIŞMA.....	77
4.1. Bulgular ve Baskı Çıktıları	77
4.1.1. Yazıcının Normal Konumu.....	77
4.1.2. Yeniden Başlama Konumu	78
4.1.2.1. Yeniden Başlama Noktası.....	79
4.2. Bulgular ve ESP Kart Çıktıları.....	80
4.2.1. Yeniden Başlama Uyarı Mesajı	80
4.2.2. Yeniden Başlama İşlemine Başlangıç.....	81
4.2.3. İşlem Başarılı Mesajı	81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	82
5.1. Çıkarımlar	82
5.1.1. Baskıya Yeniden Başlama Sistemi	82

5.1.2. ESP İşlem Kartı Yoluyla Uzaktan Kontrol Sistemi.....	82
5.2. Öneriler	83
5.2.1. Yeniden Baskı Sistemi.....	83
5.2.2. ESP Kartı Yoluyla Uzaktan Kontrol Sistemi.....	84
6. KAYNAKLAR	85
EKLER	91
ÖZGEÇMİŞ	97

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Yazma işlemine devam edebilme açısından 3B yazıcı desteği, grbl nin desteklenmesi bu tez kapsamında ele alınmıştır.....	9
Tablo 2.1. IDA'nın belirlediği katkı Maddesi Üretimi İçin Temel Patentler.	12

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1. CNC makinelerinde kullanılan yontmalı imalat tekniğinin çalışma mantığı ..	1
Şekil 1. 2. 3B yazıcılarda kullanılan eklemeli imalat tekniğinin çalışma mantığı	1
Şekil 1. 3. 3B yazıcı ile eklemeli imalat aşamaları temsili gösterimi	3
Şekil 1. 4. Üç boyutlu yazıcı ile üretimi yapılan suni el.....	7
Şekil 2. 1. İlk 3D SLA-1 yazıcı	13
Şekil 2. 2. 3D Yazıcı "Z402"	15
Şekil 2. 3. Kendi kendini kopyalayabilen ilk RepRap cihazı. Sol tarafta Dr. Adrian Rogers	16
Şekil 2. 4. 3B yazıcı ile üretilen Urbee isimli otomobil	18
Şekil 2. 5. Uzayda üretim yapan 3D yazıcı	19
Şekil 2. 6. Cartesian yazıcı ile Delta yazıcının kıyaslanması	20
Şekil 2. 8. Çok fonksiyonlu RepRap Delta 3D yazıcısı.....	21
Şekil 2. 7. Delta DLP 3D yazıcı	21
Şekil 2. 9. ABB IRB 140 adlı robot kollu 3 yazıcının başlığı	22
Şekil 2. 10. Eklemeli üretim teknolojisi (EÜT)	24
Şekil 2. 11. 3D Sistemi SLA 250.....	27
Şekil 2. 12. SLA Tekniği	27
Şekil 2. 13. DLP tekniği ile üretilen mücevher modelleri	27
Şekil 2. 14. 3D DLP Teknolojisi	27
Şekil 2. 15. DLP Tekniği	28
Şekil 2. 16. CDLP Tekniği. Aynı zamanda buna CLIP tekniği denilir	29
Şekil 2. 17. SLS Tekniği.....	31
Şekil 2. 18. SLM Tekniği	32
Şekil 2. 19. Electron Beam Melting Tekniği	33
Şekil 2. 20. Multi Jet Fusion Tekniği	34
Şekil 2. 21. Material Extrusion Tekniği	35
Şekil 2. 22. Fused Deposition Modelling-FDM Tekniği.....	36
Şekil 2. 23. G3DP Tekniği.....	37
Şekil 2. 24. Material Jetting Tekniği. Kaynak: mechguru.com	38
Şekil 2. 25. Drop - On - Demand Tekniği	39
Şekil 2. 26. Binder Jetting Tekniği	40
Şekil 2. 27. LENS Tekniği.....	41
Şekil 2. 28. EBAM Tekniği	42
Şekil 2. 29. Üç boyutlu resim tasarım programlarından biri	43
Şekil 3. 1. Önerilen Sistem	46
Şekil 3. 2. 3B yazıcı üzerindeki ESP kartına göre önerilen sistemin işlevi.....	47
Şekil 3. 3. 3B Yazıcının STL dosyalarını okuma mekanizması	49
Şekil 3. 4. Yazıcının G-CODE dosyalarını işleme mekanizması	50
Şekil 3. 5. Yazıcının Kaldığı Yerden Baskıya Yeniden Başlama Algoritması	52
Şekil 3. 6. Baskıya yeniden başlamak için gerekli olan verilerin ROM belleğinde depolanma konumları	54
Şekil 3. 8. Check_ROM fonksiyonu.....	55
Şekil 3. 7. Devam durumuna girme şartı	55
Şekil 3. 9. ROM belleğine verilerin kaydedilme mekanizması	57

Şekil 3. 10. G-CODE dosyalarını okumak için başka bir adresin kaydedilmesini sağlayan yordamın geri çağırılma şartı.....	58
Şekil 3. 11. Curposition değişkeninin ROM belleğine kaydedilme fonksiyonu	58
Şekil 3. 12. Curposition değişkeninin ROM belleğine depolanma mekanizması	59
Şekil 3. 13. ROM belleğini sıfırlama göstergesi	60
Şekil 3. 14. Baskı işlemi bittikten sonra sıfırlama şartı	61
Şekil 3. 15. Curposition değişkenini ROM belleğinden geri çağırma mekanizması.....	65
Şekil 3. 16. G-Code Dosyası Dosyası.....	66
Şekil 3. 17. G-code Komutlarının Terkip Edilmesi.....	67
Şekil 3. 18. Başlama Noktasına Sıçrama Şartı	68
Şekil 3. 19. Uzaktan Kontrol Sisteminin Algoritması	70
Şekil 3. 20. Sinyal Durumu	72
Şekil 3. 21. Sinyalin Ulaşmasından Baskıya Yeniden Başlama Durumunu Gerçekleştiren Kod	72
Şekil 3. 22. ESP8266 kartındaki işlemlerin yürüme algoritması.....	74
Şekil 3. 23. Yazıcıdan gönderilen ve baskıya yeniden başlama durumunun var olduğunu belirten sinyalin işlem kartına ulaştığını kontrol eden kod.....	75
Şekil 3. 24. Elektronik postanın gönderilmesi için göstergenin geri çağırılması	75
Şekil 3. 25. Kullanıcıdan "kaldığın yerden baskıya yeniden başla" komutunu karşılayacak olan Recive_From_Email belirteci.....	76
Şekil 4. 1. 3B Yazıcının normal konum ekranı a) ve b) ana ekranlar	78
Şekil 4. 2. Yeniden Başlama Konumunda Bulunan 3B Yazıcının Ekranları	78
Şekil 4. 3. Yazıcının yeniden baskıya başlamasına onay verildikten sonra çıkan ana ekran	79
Şekil 4. 4. Yeniden başlama uyarı mesajı.....	80
Şekil 4. 5. Yeniden başlama işlemi başarılı oldu mesajı	81

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
AM	: Additive Manufacturing
CAD	: Computer Aided Design
CDLP	: Continuous Direct Light Processing
CLFDM	: Curved Layered Fused Deposition Modelling
CLIP	: Continuous Liquid Interface Production
DLP	: Direct Light Processing
DMLS	: Direct Metal Laser Sintering
DOD	: Drop On Demand
DTM	: Desk Top Manufacturing
EBAM	: Electron Beam Additive Manufacture
EBM	: Electron Beam Melting
ESP	: Espressif Systems
EÜT	: Eklemeli üretim teknolojisi
FDM	: Fused Deposition Modeling
FFF	: Filet Filament Fabrication
G3DP	: Glass 3D Printing
G3DP2	: Glass 3D Printing 2
IOT	: Internet Of Things
LENS	: Laser Engineered Net Shape
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
MJF	: Multi Jet Fusion
NPJ	: Nano Particle Jetting
PWC	: Price Waterhouse Coopers
RAM	: Read Access Memory
RepRap	: Replicating Rapid Prototyper
ROM	: Read Only Memory
SLA	: Stereolithography
SLM	: Selective Laser Melting
SLS	: Selective Laser Sintering
G-CODE	: Standard Tessellation Language

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

3B YAZICILAR İÇİN ELEKTRİK KESİNTİLERİNDE UYGULANACAK UZAKTAN KONTROLLÜ SİSTEM TASARIMI

Helal Saleh Hussein AL-HADHEQ

Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Musa Ataş

2019, 97 Sayfa

3 boyutlu yazıcılar sanayi alanında yeni bir devrim gerçekleştirmiştir. Bu teknik yeni olmasına rağmen somut ve hızlı bir gelişime imza atmıştır. Sanayi devletleri ve sanayi şirketleri tarafından büyük bir ilgi görmüştür. Çünkü bu sistem geleneksel şirketlerin yapamadığı karmaşık ve hassas ürünleri üretebilme potansiyeline sahiptir. Buna ek olarak eklemeli imalat tekniğine dayanan 3 boyutlu yazıcılar sanayi ile birlikte özellikle tıp, uzay, astronomi, uçuş bilimi ve eğitim gibi pek çok alanda başarı göstermiştir. Söz konusu teknik önceden mümkün olmayan yeni çalışma ve araştırma alanlarını da açmıştır. Bu tez çalışması elektrik kesintisi durumunda 3 boyutlu yazıcının yarım kalan işini devam etme fırsatını sağlayan özelliklerin yazıcı yazılımına eklenmesini içermektedir. Normal şartlarda elektrik kesintisi birçok 3B yazıcı için işin devam edememesi ve yarım kalması nedeniyle yazdırma işleminin zarar görmesine sebep olmaktadır ve bu sorun daha önceleri de pek çok kez yaşanmıştır. Bununla birlikte eklenti yazılımı geliştirdiğimiz Marlin_Ramps_Epcos_i3v programı varsayılan olarak elektrik kesintisi durumunda yazdırma işlemine devam etmemektedir. Ayrıca geliştirdiğimiz eklenti yazılımı kullanıcıya uzaktan bilgilendirme ve kontrol olanağını da sağlamıştır. Bu çalışma, geliştirilen eklenti programımızın açık kaynak kodlu Marlin_Ramps_Epcos_i3v yazılımına entegrasyonu ile elektrik kesilmesi sonucunda meydana gelen zaman ve sarf madde zararının azaltılmasını hedeflemektedir.

Anahtar kelimler; 3 boyutlu yazıcı, Arduino Mega, Eklenti Yazılımı, Elektrik Kesintisi, ESP 8266, Marlin_Ramps_Epcos_i3v.

ABSTRACT

MS THESIS

REMOTE CONTROL SYSTEM DESIGN TO BE APPLIED IN ELECTRICAL FAILURES FOR 3D PRINTERS

HELAL SALEH HUSSEİN AL-HADHEQ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SİİRT UNIVERSITY**

**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL-ELECTRONİCS ENGINEERING**

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. MUSA ATAŞ

2019, 97 Pages

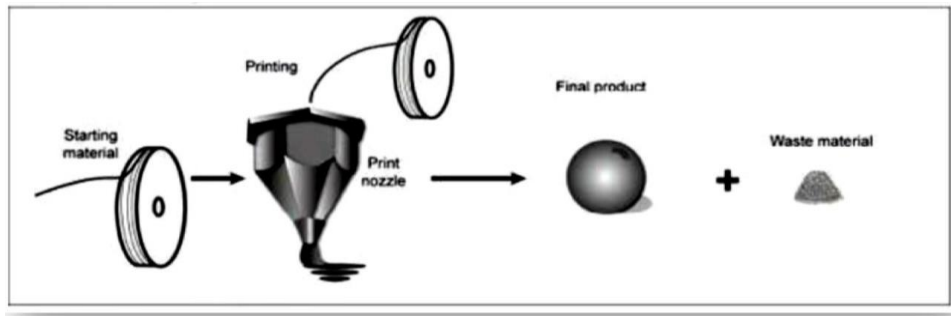
3D printers have revolutionized the industry. Although this technique is new, it has achieved concrete and rapid development. It has received great interest from industry and industrial companies. Since this system had the potential to produce complex and delicate products that traditional companies could not. In addition to this, 3D printers based on additive manufacturing technique have been successfully applied in many fields such as medicine, space, astronomy, flight science and education together with industry. This technique has opened up new areas of study and research that were previously impossible. This thesis involves the addition of the features that enable the continuation of the unfinished process of the 3D printer in case of power failure. Under normal circumstances, a power failure can cause printing to be damaged due to the inability to continue and unfinished work for many 3D printers, and this problem has occurred many times before. However, the Marlin_Ramps_Epcos_i3v program, on which we developed an add-on, has not a software that allowed printing to continue in the case of a power failure. In addition, the software plug-in that we have developed has provided the user with the opportunity to inform and control remotely. In this study, it is aimed to reduce the time and consumable damage caused by power faults as a result of the integration of the plug-in program developed into the open source Marlin_Ramps_Epcos_i3v software.

Keywords: 3D printer, Add-on Software, Arduino Mega, ESP 8266, Marlin_RAMPS_EPCOS_i3v, Power Failure.

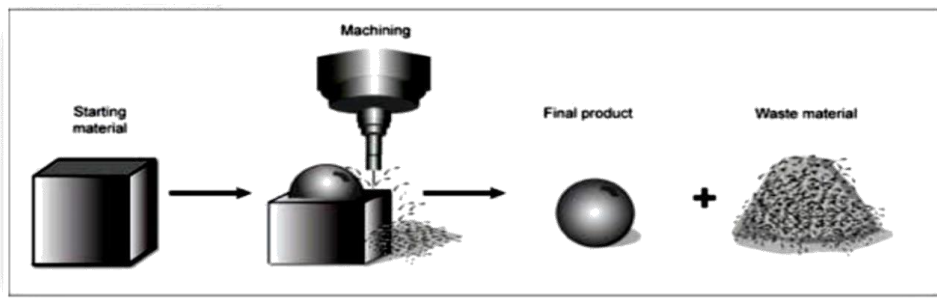
1. Giriş

Baskı ister kâğıt üzerine isterse kumaş üzerine olsun hatta resim baskısı dahi olsa birçok insanın zihnindeki baskı terimi, iki boyutlu ürünlerle üretim tekniklerini çağrıştırır. Ancak bu baskı terimi ile bir şeyi şekillendirme yöntemlerinden birini uygulamak endüstriyel tasarım alanında faaliyet gösteren teknisyenlerin pek fazla alışık olmadığı bir durumdur. Bugün üç boyutlu baskı yöntemi dünya çapındaki bazı şirketler tarafından hâlâ geliştirilmeye devam etmektedir. Bu araştırmalar hızlı üretim yapmak için prototip parçalar üzerinde devam etmektedir. Aynı şekilde AutoCAD (Url-1, 2019) programı yardımıyla bilgisayar üzerinde tasarlanan bir modelden son şekli verilen bir ürünü daha hızlı bir şekilde doğrudan elde edilmesi de mümkündür (Url-1, 2019). Bu yöntem elastik ürünlerde kısmen uygulanmaktadır. Fakat aynı yöntemi kullanma suretiyle porselen, mermer, seramik, alçı, metal ve polimer gibi birçok kompozit ham maddeden herhangi bir obje veya geometrik bir şekil elde etmek mümkün olmaktadır.

Temel olarak parça üretimi günümüzde Eklemeli İmalat (Eİ, Additive Manufacturing) ve Yontmalı İmalat (Yİ, Subtractive Manufacturing) olarak iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.1 ve Şekil 1.2 de söz konusu imalat şekilleri gösterilmiştir. Bu imalat şekillerinden Eİ nin Yİ'ye göre daha az atık hammadde bıraktığı anlaşılmaktadır.



Şekil 1. 1. CNC makinelerinde kullanılan yontmalı imalat tekniğinin çalışma mantığı (Torrington ve ark., 2017).

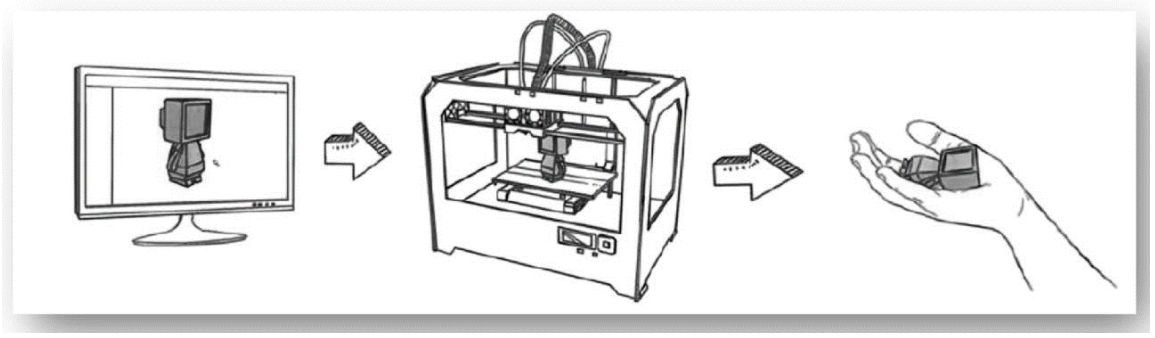


Şekil 1. 2. 3B yazıcılarda kullanılan eklemeli imalat tekniğinin çalışma mantığı (Torrington ve ark., 2017).

Eklemeli imalat tekniği, değişik ham maddelerden kısa bir zaman dilimi içinde çok karmaşık geometriye sahip  boyutlu objeleri imal etme imkânı sağlar. Bir işci mevcut diğer teknolojilerle elde edilmesi imkânsız olan karmaşık geometriye sahip objeleri  boyutlu baskı teknolojisi sayesinde kolaylıkla elde edebilir (Pîrjan ve Petroşanu, 2013). Eklemeli imalat teknolojisinde modern gelişmeler meydana gelmiştir. Economist ve Guardian dergileri gibi basın yayın organları bu konuya çok önem verdiler ve bu tekniği “ikinci sanayi devrimi” olarak değerlendirmişlerdir (Url-2, 2019; Url-3, 2019). “PwC” raporunda Amerika Birleşik Devleti’ndeki üretimlerin yaklaşık % 71’i  boyutlu baskı teknolojisi ile yapıldığını belirtti (PwC, 2016; Moore ve ark., 2017). Aynı şekilde bu rapor,  boyutlu baskı teknolojisinin önümüzdeki üç-beş yıl içinde % 42 oranında büyük imalat sahasına girebileceğini belirtmektedir. Wohlers Associates raporu 2015 yılında  boyutlu baskı üretim teknolojisinin 5.165 milyar dolar gelir getirdiğini açıklamıştır. Bu rakamın Amerika Birleşik Devleti’ndeki yapılan bütün imalatın % 32.5’ine denk geldiğini bildirilmiştir (Moore ve ark., 2017).

1.1 Üç Boyutlu Baskı

Üç boyutlu baskı sistemi eklemeli imalat yöntemlerinden birisidir. Bilgisayar programları kullanılarak  boyutlu tasarımların çok küçük tabakalara bölümlenmesi yoluyla parçaların üretimi yapılır. şekil 1.3.’te gösterildiği gibi, böyle bir üretim için son ürün elde edilene kadar tabaka üzerine diğer tabakayı basma tekniği kullanılır. Üç boyutlu baskı makinesi plastik veya metal gibi eriyik ham maddeler üzerinde çalışan mekanik bir alet olarak bilinir. Klasik bir yöntemle (tabaka üzerine tabaka koyma şeklinde)  boyutlu prototiplerin/ürünlerin imalatı tamamlanır. Bu şekilde parçaları birleştirerek üretim yapma kapasitesinden tam bir ürün grubu elde edilebilir. Bu retime Eklemeli İmalat (Eİ) denilir (Kadhim, 2018). Eİ sisteminde genellikle üç boyutlu yazıcılar kastedilir. Bu teknik katman mimarisi ile üretimde kullanılan hammaddenin eritilmesi suretiyle bazı parça ve numunelerin üretimini yapmaktır (Mukhopadhyay ve Poojary, 2018).



Şekil 1. 3. 3B yazıcı ile eklemeli imalat aşamaları temsili gösterimi (Url-27, 2019).

İçyapısı çok karmaşık olan şekillerin üretimini yapabilme imkânı gibi konularda Eklemeli İmalat Sistemi (İMS) Bilgisayar Tabanlı Tasarım (BTT, Computer Aided Design CAD) teknolojisinin özelliklerinden yararlanır. Bu teknoloji sayesinde modelleme yapmak için çok kısa bir vakit ayırmak suretiyle verilen siparişi uygun bir vakitte ham madde artıklarını azaltıp fire vermeden gerçekleştirime mümkündür (Mukhopadhyay ve Poojary, 2018).

EİS ile çalışan üç boyutlu yazıcılar geleneksel üretim sistemlerine göre (kalıp, CNC vb.) daha hızlı, daha verimli ve kullanım açısından daha kolaydır. Üç boyutlu yazıcılar, son kullanıcılara montajı çok zor ve iç içe girmiş karmaşık parçaları imal edebilme imkânı sağlar. Aynı şekilde bu yazıcılar değişik mekanik ve fizyolojik özelliklere uygun olan parçaları lokal olarak üretme ve sonra birbirleriyle birleştirip monte etme imkânı verir.

3B yazıcı teknolojisi bir ürünün parçalarını üretmek veya tabakalar şeklinde prototip yapmak için kullanılır. Bu amaçla önce AutoCAD, SketchUP, SolidWorks benzeri BDT araçları yardımıyla üretilmesi hedeflenen parçanın çizimi vektör formatında tasarlanır. Sonrasında evrensel g-code dönüştürücü yazılımları sayesinde 3B tasarım katmanlara bölünerek 3B yazıcının anlayabileceği koordinatlar ve g-code komutlarına dönüştürülür. Daha sonra üç boyutlu yazıcı devreye girip elde edilen g-code verilerini işleyerek her bir tabakayı en ince detaylarına varıncaya kadar çok kapsamlı bir şekilde seçilen hammaddeyi kullanarak istenen tasarımların uygulamasını yapar. Her bir tabakanın yapımı diğer tabakanın üzerine ham maddeyi (filamenti) eriterek veya öğütülmüş toz halinde (powder) ise sinterleyerek (sintering) ilmek ilmek dokuma işlemi başlatılır. Parçanın üretimi mürekkep püskürtmeli (Ink-jet printing) yazıcıların kullandığı sisteme benzer bir teknikle yapılır.

Yazıcı içindeki merdane şeklindeki piston temel tabakayı en alta baskılayıp sabitler. Daha sonra piston ikinci tabakayı diğerinin üzerine sıkıştırmak için biraz yükselir. Sonra bu bölgeye ham maddeyi serer. Bunun ardından yapıştırıcı maddeleri kullanarak bu parçacıkları birbirine iyice birleştirir. İstenilen model şekil elde edilinceye kadar bu tabakalar peşi sıra yapılırken bu işlemler tekrarlanır. Bu arada ham madde damlacıkları isteğe göre püskürtülür. Nitekim yazıcının ağızlığı (nozzle) noktalar halinde yapışkan partikülleri yüzey üzerine gerektiği kadar dağıtır. İster porselen, ister metal, isterse polimer ham maddesi olsun bunlardan toz haline getirilen parçacıklar alt tabaka ile bir şekilde yapışıp (sintering) eklenerek üretilmek istenilen figürü ayakta tutar. Ham maddelerin ve yapıştırıcı malzemelerin püskürtülme işlemi, üretimi istenilen objeye son şekil verilinceye kadar üstü üste katman yapma şeklinde devamlı tekrar eder.

Toz şekline getirilmiş olan her türlü ham madde ile üç boyutlu baskı yöntemi sayesinde istenilen her türlü objenin imalatı yapılabilir. Çünkü kimyasalları farklı olan bu maddeler, birçok değişik baskı başlıkları takılarak alt katman üzerine püskürtülüp dağıtılabilir. Bu işlemler arasında ham maddeyi birleştirme şekillerini kontrol altına alabiliriz. Aynı şekilde damlacıkların düşmesi için uygun yerleri son derece hassas ve dikkatli bir şekilde belirleyebiliriz. Böylelikle çok ince dokunuşlu ürünler elde edebiliriz. Ayrıca ürüne ait bir parçanın kısmi iç montajını kontrol altına alabiliriz.

Bundan sonra ısı işlem yapılır. Bu aşamada haznedeki yeterli miktarda ham madde tozu ve yapıştırıcı malzemesi alınır. Bu maddeler 1.000 °C'yi aşan bir sıcaklıkta yakılır veya ısı işlem yapılır. Bu esnada tozların kalıba basılma (sintering) işlemi yapılır. Böylelikle kullanıma uygun bir şekilde sert ve sağlam bir baskı elde edilir (Tarafer ve ark., 2013).

Bu teknikte iki çeşit bağlayıcı veya yapıştırıcı madde kullanılır. Birinci çeşit, ister porselen isterse metal parçacıklar (partiküller) olsun kullanılan ham maddeleri veya tozları birbiriyle etkileştirmek ve yapıştırmaktır. İkinci çeşit ise ham maddelerle işlem yapmaz bilakis bir şeyi birbirine keçe gibi iyice yapıştırır (Bir sonraki bölümde bütün bunların detaylı açıklaması yapılacaktır).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi çok hızlı gelişen bir teknolojidir. Yakın bir gelecekte işyerinde, hastanede, büroda, okulda ve hatta evde kısacası her yerde herhangi bir objeyi üretmek veya bir şeyi tamir etmek yahut ürünlerin yedek parçasını yaparak yenisiyle değiştirmek mümkün olacaktır. Bunun için öncelikle kolay bir şekilde ürünün tasarımı

yapılır ve sonra baskı aşamasına geçilir. Kullanıcı baskı işleminden önce ürünü kopyalama veya düzeltme yahut özelleştirme işlemlerini yapabilir. Aynı şekilde mevcut olan bir şeyin üç boyutlu taraması veya fotoğrafı çekilip baskısı yapılabilir. İşte bu üretim teknolojisi dünyamızı köklü bir şekilde değiştirerek istediğimiz her şeyi herhangi bir yerde modelleyip imal edebilme imkânı bize sunmaktadır (Van Wijk ve Van Wijk, 2015). Bununla birlikte, üç boyutlu baskıya bağlı olarak çalışan endüstride diğer üretim teknolojilerine oranla % 40 daha az atık kaldığı belirtilmiştir (Berman, 2012).

1.2. Üç Boyutlu Baskı Teknolojisinin Özellikleri

Son yıllarda küçükorta çaplı projeler düzeyinde üç boyutlu baskı uygulaması finansal olarak mümkün olmuştur. Böylelikle endüstriyel modellemeler, 500 dolara varan fiyatlarıyla üç boyutlu yazıcı sayesinde küçük işletmelerde de yapılabilir bir seviyeye ulaşmıştır. Bununla birlikte, farklı ham maddelerden değişik ürün grupları için bu tekniği uygulamak mümkündür.

Üç boyutlu baskı tekniğinin başlıca özellikleri şunlardır:

1. Tasarım üzerinde değişiklik ve geliştirme yapmaya olanak tanır.
2. Prototip ürün için dijital tarayıcı sistemini kullanarak modelleri kopyalama imkânı verir. Bundan sonra alınan datalar isteğe bağlı ham maddeden üretim yapmak için üç boyutlu yazıcıya aktarılır.
3. Bu sayede klasik üretim yöntemiyle elde edilmesi çok zor ve hatta imkânsız olan 90 dereceden daha az köşeli iç içe girmiş karmaşık geometriye sahip objeleri elde etme imkânı bulunmaktadır.
4. Ham maddeleri için entegre geri dönüşüm sistemi vardır.
5. Bu teknikte çok fazla araç gereç ve ekipman kullanılmaz. Dolayısıyla hem vakit hem de maliyet açısından tasarruf sağlar.
6. Tasarım ve modelleme için karmaşıklık düzeyinin sınırı yoktur.
7. Üç boyutlu baskı yöntemi yontmalı/eksiltmeli yöntemlerden daha üstündür. Çünkü üç boyutlu baskı yöntemindeki ürün, klasik metotlarla imal edilen diğer ürünlerle çeşitlilik ve kalite bakımından rekabet eder.
8. Karmaşık geometriye sahip objelerin üretim maliyeti daha azdır.
9. Üretim süreci çok kısadır.

1.3. Üç Boyutlu Yazıcının Kullanım Alanları

Üç boyutlu baskı tekniği tıp ve eczacılık başta olmak üzere birçok alanda kullanılır. Ayrıca porselen ve metal işçiliği ile sert kalıpların yapımı gibi diğer üretim alanlarında uygulaması yapılmaktadır. Üç boyutlu baskı tekniğinin mucidi Emanuel Sachs: “Üç boyutlu baskı tekniği bütün 3B makineler için aynıdır” der (Sachs ve ark., 2000). Üç boyutlu baskı tekniği endüstriyel filtreler gibi özel yüzeyli numune ürünlerin imalatında kullanılır. Üç boyutlu baskı tekniği ile üretilen endüstriyel filtreler klasik üretim teknolojisinden daha üstündür. Çünkü bu teknikte püskürtme yöntemi veya kalıba dökme metodunu kullanma sayesinde herhangi bir hata çıkmazken diğer teknolojilerde çatlaklar (cracks) gibi üretim hataları meydana gelmektedir.

Üç boyutlu baskı tekniği her türlü yüzeyde özellikle çini ve porselen işçiliği alanında her türlü imkânı sağlar. Çünkü bu teknik sayesinde çok ince ve küçük parçaların konumunu kontrol etmek mümkündür. Seramik baskı (ceraprinting) diye bilinen baskı yönteminde çok verimli bir şekilde kullanılabilir. Otomotiv, uzay, sağlık ve tüketim ürünleri gibi birçok alanda bu teknoloji kullanılmaktadır. Sadece bir üretim sistemi kullanarak tasarlama gücü elde ederek klasik üretim teknolojilerinden daha kısa bir zamanda karmaşık ürünlerin imalatı yapmak mümkündür (Crowell ve ark., 2018).

Üç boyutlu baskı yöntemi ham madde tozlarını ve yapıştırıcıları daha önce hiç görülmemiş bir şekilde mühendislik mahareti ile birleştirir. Üç boyutlu baskı tekniği birçok sahada yeni ürünleri pazarlamak için gerekli olan en kısa vakitte imalat yapmayı sağlar. Bu sayede modelleme ile imalat arasında fire vermeden yüksek kalitede ürün elde etmek mümkün olur. Geliştirme ve modernleştirme aşamalarındaki maliyetin düşmesi suretiyle ürünün imalat maliyeti de düşer ve piyasa ile güçlü rekabet etme imkânı doğar. Ayrıca her bir makineyi veya yazıcıyı belirli bir ürün çeşidine tahsis ederek üretim oranında artış elde etmek de mümkün olmaktadır. Bu nedenle üç boyutlu baskı yöntemi ister prototip ürünler olsun isterse son şekli verilen objeler için hızlı üretim sahasında lider olması nedeniyle imalat sektöründe yaşanan büyük bir devrim olarak nitelendirilebilir.

Aynı şekilde üç boyutlu baskı yöntemi mücevher işlemeciliği, ayakkabı imalatı, endüstriyel tasarım, mimarlık, mühendislik, inşaat, otomotiv, uçak, diş hekimliği ve medikal sanayi gibi şu anda var olan aşağı yukarı her alanda kullanılabilme potansiyeline sahiptir (Mukhopadhyay ve Poojary, 2018).

Tıp sahasında: Üç boyutlu yazıcı bu alanda çok şaşırtıcı ve baş döndürücü bir sonuç gerçekleştirmiştir. Bu sayede hastaların hayatları kurtarılmış ve insan hayatının yaşam kalitesi artmıştır. Şekil 1.4.'te de görüldüğü gibi, araştırmacılar bu teknoloji sayesinde endüstriyel ürünleri, beşeri cisim parçalarını, vücut organlarını ve dokuları imal etmeyi başarmışlardır (Murphy ve Atala, 2014).



Şekil 1. 4. Üç boyutlu yazıcı ile üretimi yapılan suni el

Ayrıca, 2016 yılında Dr. Inderbir S. Gill böbrek kanseri olan bir hasta için üç boyutlu yazıcı teknolojisi sayesinde yeni bir böbrek üretmeyi başarmıştır (Thampi ve Sahana, 2018;Vora, 2016). Uzay çalışmalarında, NASA ajansı uzaydaki temel ihtiyaçlara göre ürün imal edebilmek için üç boyutlu yazıcıları uzay programlarına almıştır (Prater ve ark., 2017). Bütün bu gelişmelere rağmen üç boyutlu baskı teknolojisi hâlen gelişme aşamasındadır ve önünde uzun bir yol vardır. Fakat önümüzdeki 15-20 yıl içinde gözle görülür bir şekilde bu sektörün çok gelişeceği beklenmektedir. Diğer alanlara ek olarak tıp sahasında tarihin seyrini değiştiren bazı üretimler yapılacağı öngörülmektedir (Mukhopadhyay ve Poojary, 2018).

Üç boyutlu yazıcı ile farklı ham maddelerinden çok karmaşık geometriye sahip objeler üretmek mümkündür. Bu teknoloji birçok alanda kullanılabilir. Bunlar arasında uzay, mühendislik, tıp, eğitim ve eğlence alanları vardır. Mühendislik ve elektronik

alanlarında kullanılması sayesinde elektronik robotların bünyesinin tasarımları yapılabilir. Aynı şekilde mimarlar yaptıkları inşaat projelerinin maketlerini bu yazıcılardan çıkarabilirler. Ayrıca üç boyutlu yazıcılar uzay mekiğinin yedek parça üretiminde kullanılır.

Aynı şekilde tekstil sanayisinde de kullanılabilir. Üç boyutlu baskı teknolojisi sayesinde yumuşak ham maddelerden elbise üretimi yapılabilir. Hatta bir kişi evinde iken istediği ayakkabıyı kendisi imal edebilir. Ayrıca süs eşyalarında ve değerli maden işlemeciliğinde bu teknolojiyi kullanmak mümkündür. Dolayısıyla bu teknik sayesinde en güzel aksesuar tasarımları ve süs eşyası üretilebilir. Evsel tüketim ürünlerine ve eşyalarına ek olarak karmaşık şekilli antikaların en iyisi üretilebilir ve bazı tarihi eserlerin restorasyonu yapılabilir.

1.4. Araştırmanın Önemi

Üç boyutlu yazıcı tekniği seksenli yılların başında ortaya çıkmış olmasına rağmen geçen on yıla kadar gelişimi çok yavaş bir şekilde ilerlemiştir. Çünkü bu çalışmalar “3D Systems” şirketine ve onun kurucusu Charles Hall’ın fikri mülkiyet hukukunu koruma kanunlarına boyun eğerek devam ediyordu. Bu kanuni engelin kaldırılması ile birlikte özellikle az maliyetli baskı makinelerinin geliştirilmesi ile alakalı olan konularda bu işlerin süreci çok hızlı bir şekilde ilerlemeye başladı. Geçen son beş yıl içinde üç boyutlu yazıcıların fiyatları 50.000 dolarlardan 1.800 dolara kadar düştü. Hatta bazı türlerini 500 dolardan daha az bir fiyata bulmak mümkün hale geldi. Bunun yanı sıra üç boyutlu yazıcılar artık şahsi kullanım için uygun bir hale getirildi.

Önerilen system, elektrik kesintilerinde baskıyı yeniden başlatabilen ve 3B yazıcının internet üzerinden uzaktan kontrol edilebilmesine olanak tanıyan bir sistemin geliştirilmesidir. Literatür incelendiğinde RepRapFirmware haricindeki hiç bir 3B yazılımının elektrik kesintileri veya beklenmedik hata gibi durumlarda yazma işlemine devam ettirmesi mümkün değildir (Url-4, 2019). Çeşitli 3B yazıcı yazılımlarının söz konusu istenmeyen durumlar karşısında yazma işlemine devam desteği Tablo 1.1. gösterilmiştir.

Tablo 1. 1. Yazma işlemine devam edebilme açısından 3B yazıcı desteği, grbl nin desteklenmesi bu tez kapsamında ele alınmıştır (Url-4, 2019).

Support	FiveD	Teacup	Sprinter	Marlin	Smoothie	RepRapFirmware	BFB	grbl	MK4duo
	NO	NO	NO	NO	NO	1.20 and later	NO	???	NO

Bu araştırma aşağıdaki konularda üç boyutlu yazıcıların gelişimine katkı sağlaması açısından önem arz eder:

1) Sarf malzemenin tasarruflu kullanımı:

Modelin basımı esnasında elektrik kesintisi olursa kullanıcı bu ürünü çöp kutusuna atmak zorunda kalmaz. Bilakis yazıcı elektrik geldiği zaman kaldığı yerden işleme devam ederek modelin basımını tamamlayıp bitirebilecek şekilde programlanır.

2) Kullanıcının vaktini boşa harcamaktan korumak:

(Modelin basım işlemi için 7 saate ihtiyaç olduğunu varsayılması durumunda) model için beş saat geçtiği zaman bu vakit yazıcının hafızasına kaydedilir. Şimdiki sistem ise bunun tam tersidir. Çünkü mevcut sistemi kullanan bir kişi modelin basımına tekrar başlamak zorundadır. Bu durumda geçen bütün vakit (faydasız bir şekilde) boşa harcanmış olur. Baskı esnasında elektrik kesintisi olması halinde yazıcı bu durumu kullanıcıya bildirir ve elektrik tekrar geldiğinde otomatik olarak baskıya devam eder. Böylelikle elektrik tekrar geldiği zaman kullanıcı yazıya devam etme komutu vermek için onun bulunduğu yere gitmek zorunda kalmaz. Bununla birlikte, bizim önerdiğimiz sistemde kullanıcı internet yoluyla bu işlemi yapabilir.

1.5. Araştırmanın Varsayımları

Önerilen sistemin şu hususları yapabilecek güçte olması öngörülmüştür:

- Önceki modelin son durumu hakkında bilgi sahibi olacaktır. İşlem bitti mi yoksa henüz bitmedi mi bilebilecek kapasitede olacaktır.
- Herhangi bir sebepten dolayı baskı durması halinde basım işlemi aynı noktadan yeniden başlatabilecektir.
- Modelin basımı esnasında duraklama olduğu zaman yazıcı, kullanıcı ile iletişime geçip onu bilgilendirecektir.

- Kullanıcı yazıcıdan gelen ileti sayesinde yazıcıya kaldığı yerden yeniden başlama komutunu uzaktan verebilecektir.
- Kullanıcı bu sayede yazıcının kaldığı yerden basım işlemine tekrar başladığını ve ne zaman bittiğini bilecektir. Bu bilgilendirme basım işlemi bittikten sonra yazıcı tarafından elektronik posta yoluyla yapılacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. 3B Yazıcıların Tarihsel Gelişimi

Bazılarının zannettiği gibi üç boyutlu baskı teknolojisi çok yeni bir teknik değildir. 2009 yılında KÜT tekniği (Katmanlı Üretim Teknolojisi) hakkında bir patent geliştirildikten sonra üç boyutlu baskı tekniği sıcak bir konu oldu. O zaman onu yeni bir buluş olarak onaylamak kolay bir şeydi. Çünkü bu haber medyada çok geniş bir yer almıştı. Çoğu kez insanlar KÜT tekniğini katmanlı üretim teknolojisinde biricik bir yöntem olduğunu düşünüyorlardı. Oysaki ilk üç boyutlu baskı teknolojisi KÜT değil RKT (Reçine Kürleme Tekniği) dir. RKT tekniği oda sıcaklığında sıvı bir halde bulunan foto polimer reçine tabakasının noktasal bir morötesi lazer ışını vasıtasıyla belirli bölgelerinin kürleştirilmesi prensibine dayanan bir tekniktir. Bu konudaki ilk patent seksenli yılların başında alınmıştır.

Bu teknik çok yeni olmasına rağmen Savunma Analizleri Enstitüsü (Institute for Defense Analyses) (IDA) bu konuda 4.000'e varan patent tespit etmiştir. Bunların hepsi katmanlı üretim sahası ile alakalıdır. Bunlardan altı patent kuruluş dönemi olan 1984 yılından 1994'e kadar zaman diliminde verilmiştir (Torrington ve ark., 2017; Weber ve ark., 2013).

Savunma Analizleri Enstitüsü'nün (IDA) açıklamasına göre katmanlı üretimin kuruluşuna ilişkin altı patent listesi şöyledir:

Tablo 2. 1. IDA'nın belirlediği katkı Maddesi Üretimi İçin Temel Patentler (Torrington ve ark., 2017).

Category	AM Process	Patent Number and Title	Inventor(s)	Year of Application
Foundational	Vat photopolymerization	4575330: Apparatus for production of 3D objects by stereolithography	Charles Hull	1984
	Powder bed fusion	4863538: Method and apparatus for producing parts by selective sintering	Carl Deckard	1986
	Material extrusion	5121329: Apparatus and method for creating 3D objects	S. Scott Crump	1989
	Binder jetting	5204055: 3D printing techniques	Emanuel Sachs John Haggerty Michael Cima Paul Williams	1989
NSF-impacted	Sheet lamination	4752352: Apparatus and method for forming an integral object from laminations	Michael Feygin	1987
	Contour Crafting	5529471: Additive fabrication apparatus and method	Behrokh Khoshnevis	1995

Burada 1980 yılından günümüze kadar üç boyutlu baskı teknolojisinin tarihi hakkında zamansal bakımdan hızlı bir liste gösterilmektedir. İlk yapılan makinelerden şimdiki gelişen uygulamalara kadar genel bir bakış vardır.

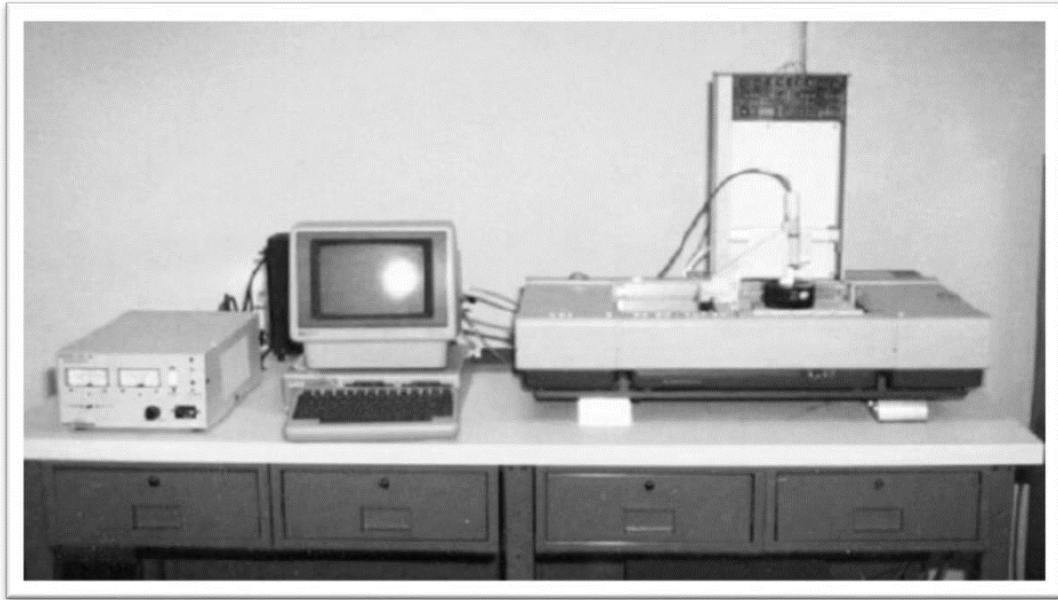
2.1.1. Seksenli Yıllar: Üç Boyutlu Baskı İçin Üç Temel Tekniğin Doğuşu

İlk üç boyutlu baskı yapma girişimi Dr. Kodama tarafından bu tekniği hızlı bir şekilde geliştirmek amacıyla 1981 yılında yapılmıştır. Tabaka üstüne tabaka ve katmanlı baskı terimlerini ilk kullanan kişi odur. Yaptığı denemede RKT (reçine kütleme) tekniğini kullanmıştır. Bu teknikte akışkan reçineyi işleyebilen foto polimer yöntemi kullanılır. Morötesi ultraviyole (ult-raviolet curable) ışınları sayesinde reçinenin dökülüp

katılaştırılması sağlanmıştır. Maalesef Dr. Kodama son başvuru tarihi bitmezden evvel patent başvurusunda bulunamamıştır (Kodama, 1981).

Dört yıl sonra, Fransız mühendisler objelerin baskısı fikrine önem verdiler. Fakat ticaret perspektifi olmadığı için bu fikri terk ettiler. Aynı zamanlarda Charles Hull bu teknoloji ile ilgilenmekteydi. 1984 yılında objelerin baskısı (Stereolithography) (SLA) için ilk defa patent başvurusunda bulundu (Hull ve Arcadia., 1984).

İki yıl sonra patent aldı ve 3D Systems Corporation şirketini kurdu. Bir yıl sonra ise SLA-1 cihazını üretti (Url-5, 2019).



Şekil 2. 1. İlk 3D SLA-1 yazıcı

1986 yılında Texas Üniversitesi'nde Carl Deckard, SLS teknolojisi için patent başvurusu yaptı. Selective Laser Sintering (SLS) teknolojisi lazer ışınları vasıtasıyla pudra şeklinde toz haline getirilen ham madde hücrelerinin sinterlenmesi yöntemine dayanan üç boyutlu imalat baskısında kullanılan başka bir tekniktir. Ham madde olarak genellikle naylon ve polyamid malzemeler kullanılır. Tırnaklı ve geçmeli yapı gerektiren alanlarda bu teknik tercih edilir (Deckard ve ark., 1992).

1988 yılında, Scott Crump arkadaşlarıyla birlikte "Stratasys Inc" şirketini kurdu ve malzeme ekstrüzyon (Material Extrusion) tekniği hakkında ilk patenti aldı (Crump , 1992).

Bu şirket “Katmanlı Üretim Teknolojisi” (Fused Deposition Modelling - FDM tekniği) patentini alan ilk şirkettir. Bu teknik başlıca üç boyutlu baskı tekniklerinden biridir. On yıldan az bir süre içinde üç boyutlu baskı teknolojisi hakkında başlıca üç patent alındı (Url-6, 2019).

Avrupa’da 1989 yılında “EOS GmbH” (Electro Optical Systems) şirketi kuruldu. Bu şirket 1990 yılında üç boyutlu baskı sanayisine ait modellerin üretim uygulamaları için ilk defa EOS Streos (Electrical Over-Stress) sistemini çıkardı. Plastik ve metal ham maddeler için kullanılan SLS teknolojisi sayesinde bugün dünyanın her tarafında endüstriyel kalite seviyesinde tanınmıştır (Url-7, 2019).

Buraya kadar geçen tarihi süreci kısaca şöyle özetleyebiliriz:

- 1980: Japonyalı Dr. Kodama tarafından ilk defa patent alma girişimi yapıldı.
- 1984: Fransa’da ilk defa objelerin üç boyutlu basım denemesi yapıldı.
- 1986: Üç boyutlu baskı teknolojinin ilk patenti Charles Hull tarafından alındı.
- 1987: İlk SLA-1 makinesi üretildi.
- 1988: Şirket tarafından ilk SLS makinesi imal edildi.
- 1988: Stratasy Inc şirketi kuruldu.
- 1989: EOS Alman şirketi kuruldu.

2.1.2. Doksanlı Yıllar: Temel Üç Boyutlu Yazıcıların Ortaya Çıkışı, İmalat Şirketlerinin Kurulması ve CAD Tasarım Yazılımı Yapılması

1991 yılında DTM (Desk Top Manufacturing) Corporation şirketi kuruldu. Bu şirket SLS tekniğinde profesyonelleşmiştir (Weber ve ark., 2013). 1992 yılında “Eriyik Yığıma Modelleme” (Fused Deposition Modeling - FDM) tekniğinin patenti, her profesyonel ve bireysel kullanıcılar için birçok üç boyutlu yazıcıyı geliştirip üreten “Stratasy” şirketine verilmiştir (Crump, 1994). Aynı yılda “ReaLizer GmbH” Alman şirketi kurulmuştur. Bu şirket SLM tekniği çerçevesinde çalışır. 1994 yılında “SolidScape” şirketi kurulmuştur (Url-8, 2019). Aynı yılda “Z Corporation” şirketi kurulmuştur. Bu şirket kendisine ait ilk üç boyutlu yazıcıyı “Z402” imal etmiştir.



Şekil 2. 2. 3D Yazıcı "Z402"

1993 ile 1995 arasındaki dönemde “Yapıştırıcı ile Katmanlı İmalat” (Binder Jetting) tekniği ortaya çıkmıştır. Bu teknolojiyi “Massachusetts Teknoloji Enstitüsü” ilan etmiştir (Sachs ve ark., 1993). 1997 yılında İsveç’te ilk defa EBM (Electron Beam Melting) “elektron ışını ile eritme” tekniğini destekleyen “Arcam AB” şirketi kurulmuştur. Yine aynı yılda “Irepa Laser” Fransız şirketi kurulmuştur.

Eş zamanlı olarak üç boyutlu baskı teknolojisinde kullanılan CAD tasarım yazılımları standart bir prototipin yapımıyla birlikte daha fazla gelişmeye başlamıştır (Bu şimdi “Solidscap” olarak bilinmektedir). 1999 yılında ilk defa “Objet Geometries” İsrail şirketi kurulmuştur. Bu şirket 2012 yılında “Stratasys” şirketine satılmıştır. Yirminci yüzyıl doksanlı yılların en sonlarında üç boyutlu baskı teknolojisi ile tıp ilmini birleştiren doktor araştırmacılar tarafından ilk defa üç boyutlu baskı uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamalar birçok kullanım sahasının önünü açmıştır.

Bu bölümde geçen tarihi süreci şöyle özetleyebiliriz:

1990: Üç boyutlu ürün modelleme uygulaması için EOS Streos şirketi tarafından bir sistem kurulmuştur.

1991: SLS teknolojisinin öncüsü olan DTM şirketi kurulmuştur.

1992: FDM (Katmanlı Üretim Teknolojisinin) patenti “Stratays” şirketine verilmiştir.

1992: “ReaLizer GmbH” şirketi kurulmuştur.

1994: “Solidcape” şirketi kurulmuştur.

1995: “Z Corporation” şirketi kurulduktan bir yıl sonra MIT lisans kuruluşundan üretim ruhsatı almıştır.

1995: Almanya’daki “Fraunhofer Enstitüsü”nde SLM (seçici lazer ergitme) tekniği ortaya çıkmıştır (Yap ve ark., 2015).

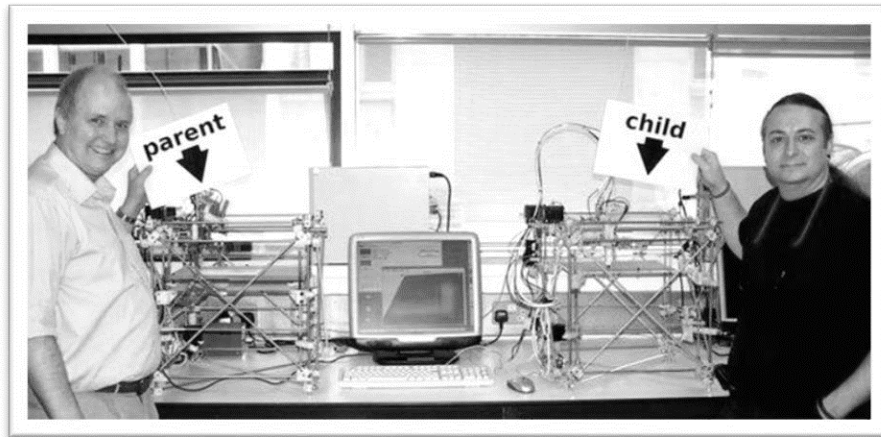
1997: İki şirket kurulmuştur. Birincisi İsveç’te “Arcam AB” şirketi ikincisi ise Fransa’da “Irepa Laser” şirketi kurulmuştur.

1999: Üç boyutlu baskı teknolojisi tıp alanında kullanılmaya başlanmıştır.

2.1.3. İki Binli Yılların İlk Onu: Üç Boyutlu Baskı Medyanın İlgisini Çekiyor

2000 yılının sonunda böbrek üretimi için ilk üç boyutlu biyo baskı cihazı ortaya çıktı. Hastaya organ üretimi yapmak için diğer 13 yılı beklemek gerekecekti. Üç boyutlu biyo yazıcı ile üretilen bu böbrek şimdi model bir şekilde çalışmaktadır (Wunderlich ve ark, 2000).

2004 yılı “replicating rapid prototyper” (RepRap) (seri prototip kopyalama) projesinin başlama yılı idi. Kendini kopyalayan 3D yazıcı projesi Bath Üniversitesi’nde önde gelen bilim adamlarından Dr. Adrian Bowyer’in aklına gelmiştir. Başlatılan bu proje eriyik yığıma modelleme (Fused Deposition Modelling-FDM) sistemi ile çalışan üç boyutlu yazıcının halk arasında yayılmasına yol açtı. Gelişmiş sanayi toplumunda bu teknolojinin popülerliği arttı (Url-9, 2019).



Şekil 2. 3. Kendi kendini kopyalayabilen ilk RepRap cihazı. Sol tarafta Dr. Adrian Rogers

2005 yılında Elektron Hüzme Eritmesi (EHE) tekniği ortaya çıktı. Bu, eklemeli üretim tekniklerinin geliştirilmiş halidir. Bu tekniği geliştiren şirketler (İsveçli) Arcam AB ve (Alman) EOS GmbH'dir (Url-10, 2019). Yine aynı yılda (2005) Zcorp şirketi "Spectrum Z510" yazıcısını çıkardı. Bu yazıcı yüksek çözünürlüklü ilk üç boyutlu yazıcıdır (Url-5, 2019).

2008 yılında başka bir tıbbi uygulama sayesinde 3D yazıcı büyük bir medyatik varlığa kavuştu. Bu yazıcı açık kaynak kodlu ilk masaüstü 3D yazıcısıdır. Ek bir bileşene ihtiyaç duyulmaksızın "olduğu gibi" basıldı. Aynı zamanda tıbbi organları eklenmesi ve kemiklerin güçlendirilmesi ile üçlü ışınlama yöntemi ile yan yana ürünler basıldı (Berman, 2012).

2009 yılı FDM tekniği alanındaki patentin düştüğü bir yıldır. Bu yıl içinde 3D FDM yazıcılarının buluşunda olumlu yönde büyük bir yol kat edilmiştir. Bu yılda masaüstü 3D yazıcılarının fiyatları düşmüştür. Çünkü bu teknolojiyi kullanmak daha kolay bir hale gelmiştir. Böylelikle bu teknoloji daha çok gelişmiş ve vizyonu netleşmiştir (Weber ark., 2013).

Aynı yıl içinde (2009) "Bin Huang" Yeni Zelanda Auckland şehrinde bulunan "Auckland Teknoloji Üniversitesi"nde yüksek lisans derecesini almak için şu başlıkta bir tez hazırlamıştır: "Development of a Software Procedure for Curved Layered Fused Deposition Modelling, CLFDM" Eğri Katmanlı Garantili Birikim Modellemesi için Bir Yazılım Prosedürünün Geliştirilmesi (EKGBM). Kavisli bir bölümlenme algoritması geliştirdi ve bunu FDM sisteminde başarı ile uyguladı. EKGBM için ilmi bir uygulama için tasarladı. Böylelikle kavisli objelerin modellenme sıkıntısına ve yüzey kalitesinin kötülüğü probleminde çözüm getirilmiştir (Huang, 2009).

2009 yılında Sculpteo şirketi kuruldu. Bu şirket internet yoluyla geliştirilmiş 3D yazıcı hizmetleri sunan önder şirketlerden biridir. Bu şirketin kurulması ile 3D yazıcıya ulaşma yolunda bir adım daha atıldı (Url-11, 2019).

Bu bölümde geçenleri şöyle özetleyebiliriz:

2000: 3D biyo yazıcı ile böbrek üretildi.

2004: RepRap projesi başladı.

2005: Arcam AB ile EOS GmbH şirketleri EM tekniğini geliştirdi.

2005: Zcorp şirketi Z510 isimli yazıcıyı üretti. Bu yazıcı pazardaki yüksek çözünürlüklü ilk 3D yazıcısıdır.

2008: İlk defa suni bacak üretimi yapıldı.

2008: Açık kaynak kodlu masaüstü 3D yazıcı geliştirildi.

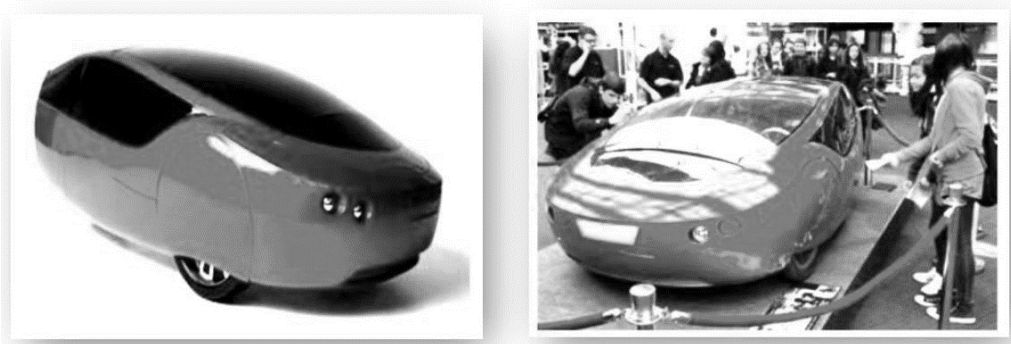
2009: FDM tekniği patenti düştü.

2009: Sculpteo şirketi kuruldu.

2.1.4. İki Binli Yılların İkinci Onu: Üç Boyutlu Yazıcı Vizyonunun Genişletilip Buluşların Yapıldığı Yıllar

İki binli yılların ilk on yılının son yılları 3D yazıcı için çok önemli yıllardı. FDM patentinin genişletilmesi ile birlikte söz konusu bu on yılın ilk yılları 3D yazıcı yılları oldu. Çünkü bu teknoloji artık masa üstü yazıcı pazarında kullanılmaya başlandı. Sanayi sektörü eklemeli üretim hakkında bunu güvenilir bir üretim tekniği olarak yeniden düşünmeye başladı. Bu teknoloji sınırlı kullanım alanından yoğun bir şekilde genel kullanım alanına taşındı. Bu toplu dönüşüme rağmen 3D baskı teknolojisi henüz tam olarak modernleşemedi. 3D yazıcı tekniği hayaller dünyasına girdi. Bu alanda yaygın olan birçok uygulamalar yapıldı.

2010 yılında 3D yazıcı ile “Urbee” isminde ilk defa otomobil üretildi. Çok büyük bir 3D yazıcısı ile bu arabanın tamamı basıldı. Şimdi 3D yazıcı ile basılan bu araba hayal ötesi bir şeydi. Gerçekleşmesi dahi düşünülemezdi. Ancak bu olay üretim teknolojisinde klasik yöntemlere karşı bir alternatif olarak yorumlandı (Popova, 2010).



Şekil 2. 4. 3B yazıcı ile üretilen Urbee isimli otomobil

2011 yılında Cornell Üniversitesi 3B yazıcı ile yiyecek üretmeye başladı. İlk başlarda bu hamle pek işe yaramaz fuzuli bir şey gibi görüldü. Fakat işin garip tarafı NASA ajansı o vakitlerde astronotların uzayda yiyebileceği yiyecek arayışı içine girmişti. Bu gelişme yetkililer tarafından değerlendirilip üretime geçildi.

2013 yılında Barack Obama Amerikan toplumu önünde yaptığı bir konuşmasında 3D yazıcının gelecekte temel bir mesele olacağını söyledi. Konuşmasının sonunda 3B yazıcının çok önemli olduğunu belirtti ve bu teknolojinin daha çok geliştirilmesini talep etti (Url-26, 2019).

2014 yılında NASA dünya yer küresi dışında ilk defa 3B yazıcı ile üretim yapmak için uzaya 3B yazıcısı götürdü ve orada üretim yapmaya başladı (Harbaugh, 2014). Aynı yılda (2014) 3B biyo yazıcı ile doku, organ ve suni montaj gibi bir çok tıbbi baskı yapıldı. Medikal ve dental ürünlerin maliyeti düştü (He ve ark., 2014).

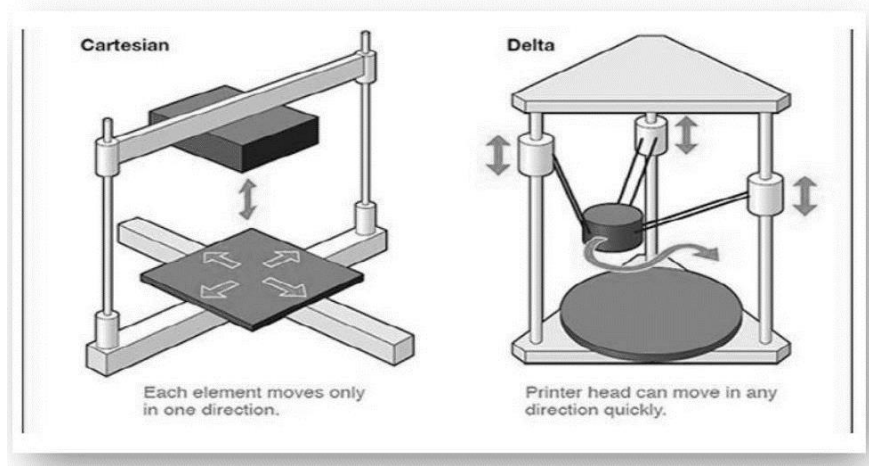


Şekil 2. 5. Uzayda üretim yapan 3D yazıcı

2015 yılında düzenli bir şekilde 3B yazıcının seri üretimi yapıldı. Bu cihazlar daha çok verimli ve daha hızlı olarak tasarlandı. Bu sayede birçok üretim yapıldı ve yeni 3B yazıcıların ortaya çıkmasına zemin hazırlandı. Bu örneklerden birisi Carbon 3D şirketinin çıkardığı CLIP isimli yazıcı cihazıdır (Url-12, 2019).

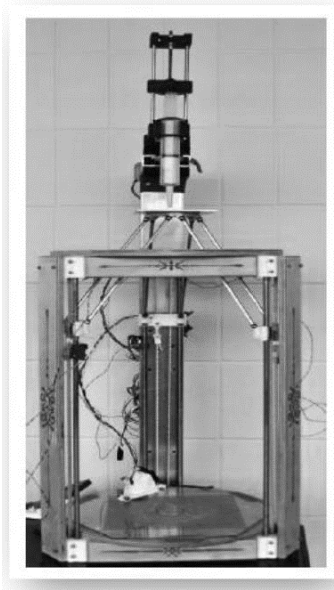
2016 yılında Nicusor Baoin isimli bir araştırmacı üç kollu üç boyutlu yazıcı icadı yaptı. Bu yazıcı hassaslık, sürat ve karmaşık geometri objelerin üretimi bakımından

kartezyen koordinat sistemi veya dik eksenler sisteminden daha başarılı oldu. Bunun sebebi yazıcıdaki kolların daha çok hareket etmeyi sağlamasıdır. Çünkü başlık sorunsuz bir şekilde çok hızlı hareket ediyordu. Başın çok hassas ve hızlı hareket etmesi çok karmaşık objeleri üretime imkânı Verdi (Şovailâ ve ark, 2016).

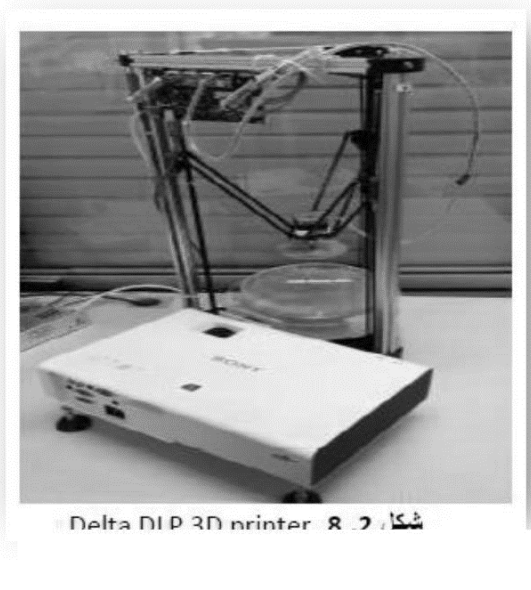


Şekil 2. 6. Cartesian yazıcı ile Delta yazıcının kıyaslanması (Url-28,2019).

Aynı yılda (2016) Hewlett-Packard (HP) firması tarafından çoklu jet füzyon (Multi Jet Fusion MJF) tekniği geliştirildi (Url-13, 2019). Yine aynı yılda lobrant Daniel Kelly 3B yazıcı ile kemik üretebileceğini bildirdi. Buna ek olarak XtreeE Fransız şirketi inşaat sektöründe yeni bir devrim atacak olan 3B beton baskı cihazını üretti (Gráinne, 2016). Aynı yılda Gerald C. Anzalone ve diğerleri açık kaynaklı Delta RepRap cinsi 3B yazıcıyı geliştirdiler. Böylelikle (thermoplastic extruder) termoplastik ekstrüder ısı verici gibi bir başlığın değiştirilmesi imkânı doğdu. Bununla birlikte farklı ürünleri üretmek amacıyla kalafat / silikon ekstrüder (acaulk/silicone extruder) cihazı, şırıngalı ve pompalı püskürtme (pump extrude a syringe) makinesi üretildi (Anzalone ve ark., 2015).



Şekil 2. 7. Çok fonksiyonlu RepRap
Delta 3D yazıcısı



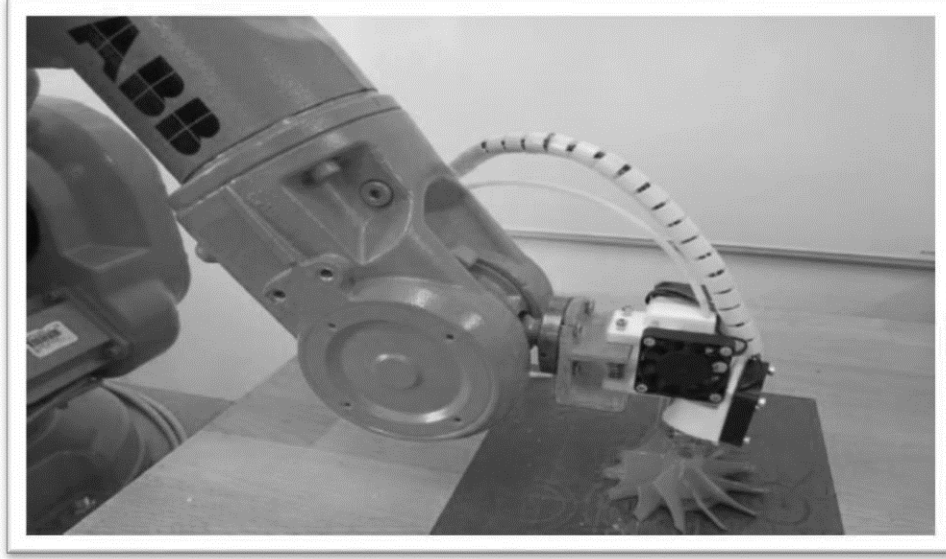
Şekil 2. 8. Delta DLP 3D yazıcı

Yine aynı yılda (2016) Chenming Wu isminde bir araştırmacı ve diğerleri “Delta DLP 3D Printer with Large Size” (Büyük Boylu Delta DLP 3B Yazıcı) adında bir tez hazırladılar. Bu tezde Delta yazıcısı üzerinde DLP tekniğini kullandılar. Böylelikle klasik DLP tekniği ile yapılan ürünlerden çok daha büyük ürünlerin üretimini başardılar. Aynı şekilde üretim hızı diğerinden daha fazla idi. Çünkü Delta yazıcısı çok hızlı baskı yapabilmekte ve baskı için yeterli yüzeye sahipti (Wu ve ark., 2016).

2018 yılında “Aamir Khan Jadoonu” isimli bir araştırmacı ve diğerleri “Interactive Partitioning of 3D Modells into Pritable Parts” (3D Modellerin Yazdırılabilir Parçalara Etkileşimli Bölünmesi) adında bir tez çalışması yaptılar. Bu tez, büyük hacimli üç boyutlu objelerin belirli bir 3B yazıcının hacmine uygun olacak bir şekilde bileşenlere (parçalara) ayrılmasından ibarettir. Burada üç tane etkileşimli süreç vardır: Model parçasının kaplanması, parçaların bölünmesi ve birleştirilmesidir. Bunlar üç algoritmaya dayanarak yapılır:

- 1) Üretim ağacının yapımı.
- 2) Bölümleme ağacı.
- 3) Dalların birleştirilme ağacı (Jadoon ve ark., 2018).

Pollák ve ark. (2018) ABB IRB 140 adlı robot kollar yoluyla 3B yazıcının başlığını tasarladılar. Bu araştırma normal yazıcılara oranla daha büyük hacimli model baskısı yapabilen bir cihazın üretim tasarımını hedefledi.



Şekil 2. 9. ABB IRB 140 adlı robot kollu 3 yazıcının başlığı

Bu yazıcının özelliklerinden birisi hacminin küçük ve ağırlığının hafif olmasıdır. Her türlü hareketini robot kol vasıtasıyla yapar. Ayrıca bu kolun çeşitli eksenlerde hareket edebilme özelliği vardır (Pollák ve ark., 2018).

2018 yılının sonlarında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) araştırmacıları, eritilmiş cam püskürtme sistemini kullanarak 3B yazıcıyı geliştirdiler. Bu yazıcının çok farklı kimyasal maddelerden büyük bir hassasiyetle fazla miktarda üretim yapabilme kapasitesi bulunmaktadır. G3DP2 adını verdikleri yeni sistemli üretim platformu, dijital olarak entegre edilmiş üç bölümlü ısı kontrol sistemini, dört eksenli hareket kontrol sistemiyle birleştirir. Erimiş cam için kapalı ve ısıtılmış bir kutu kullanılır. Termal olarak kontrol edilen bir diğer kutuya da istenen nesne yazdırılır. Hareket edebilen bir levha nesneyi gitgide daha aşağıya indirir. Böylece makine nesnenin üzerine yazdırmaya devam edebilir (Inamura ve ark., 2018; Lizardo, 2018).

Bu bölümde geçenler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

2010: 3B yazıcı ile ilk defa Urbee isiminde bir otomobil üretildi.

2011: Cornell Üniversitesi 3B yazıcı ile gıda üretmeye başladı.

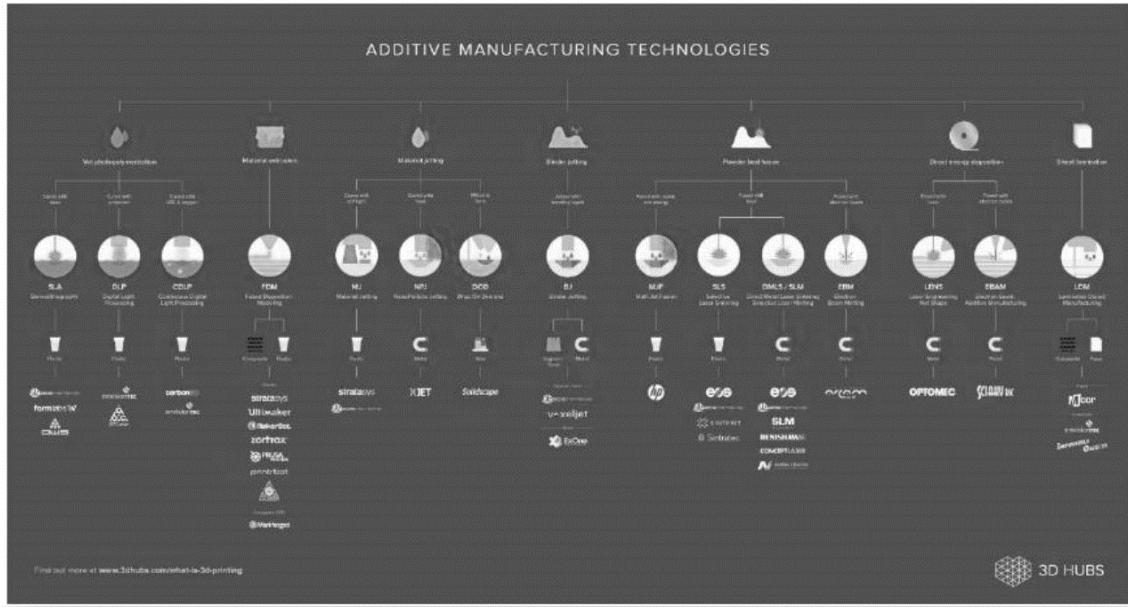
- 2012: Organovo, 3B yazıcı ile böbrek bastı.
- 2012: 3B yazıcı ile ilk defa suni çene yapıldı (Url-14, 2019).
- 2013: 3B baskı OBAMA'nın konuşmasında yer aldı.
- 2014: NASA ajansı 3B yazıcıyı uzay programına aldı.
- 2015: NASA ajansı, uzayda 3B yazıcı ile üretim yapmaya başladı.
- 2015: Carbon 3D şirketi CLIP isimli yüksek hızlı 3B yazıcı üretti.
- 2016: Daniel Kelly üç boyutlu yazıcı ile kemik üretebileceğini ilan etti.
- 2016: Delta yazıcısı icat edildi.
- 2016: Adidas, 36 yazıcı ile ayakkabı tabanı üreteceğini açıkladı.
- 2016: New Balance, tabanını 3B yazıcı ile ürettiği ayakkabısını piyasaya sürdü.
- 2018: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) cam üretimi için G3DP2 adını verilen yeni bir sistem yaptıklarını bildirdi.

2.2. Üç Boyutlu Baskıda Kullanılan Teknoloji Türleri

Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan teknoloji yöntem ve ham madde bakımından bir yazıcıdan diğerine göre değişir. Teknoloji değiştikçe katman üzerine katman koyma tarzı da değişir. Bazı 3B yazıcılar plastik bir ham maddeyi yumuşatarak şekillendirebilmesi için eritir ve daha sonra soğutup istenen modeli ortaya çıkarır. Bazı 3B yazıcılar tabakaların inşası için sarf malzemesi olarak ışığa karşı hassas olan polimer maddesini kullanır. Başka tür yazıcılar pudra şeklinde toz haline getirilmiş bir madde kullanır. Amerikan Üniversitesi 2012 Ocak ayında ASTM (American Society for Testing and Materials) Amerikan Derneğinin Test ve Malzeme adı altında yayınlamış olduğu listede 3B yazıcıları teknik ve malzeme bakımından proseslerine göre 7 kategoriye bölmüştür (Url-15, 2019). ASTM teknolojilerinin isimleri şöyledir:

- 1) Vat Photopolymerisation: Optik polimer ve termal katılmalı yazıcılar. Bu teknoloji bir tank içerisindeki sıvı haldeki fotopolimer malzemenin ışık aktivasyonu ile kürlenerek bir araya getirildiği katmanlı üretim tekniğidir.

- 2) Material Jetting: Noktasal vuruş sistemli yazıcılar. Bu teknoloji yapı materyali damlacıklarının seçici olarak bir araya toplandığı katmanlı üretim tekniğidir.
- 3) Binder Jetting: Yapıştırıcı madde kullanan yazıcılar. Bu teknoloji sıvı haldeki birleştirici maddenin seçici olarak toz haldeki ham maddeyi bir araya getirdiği katmanlı üretim tekniğidir.
- 4) Material Extrusion: Termal yumuşatmalı yazıcılar. Bu teknoloji materyalin bir nozul ya da orifis tarafından dağıtıldığı katmanlı üretim tekniğidir.
- 5) Powder Bed Fusion: Baskı pudralı yazıcılar. Bu teknoloji termal enerjinin, toz yatağına seçici bir şekilde nüfuz etmesiyle objenin oluşturulduğu katmanlı üretim tekniğidir.
- 6) Sheet Lamination: Dilimlemeli yazıcılar. Bu teknoloji kâğıt haldeki ham maddelerin birleştirilerek bir objeye form verdiği katmanlı üretim tekniğidir.
- 7) Directed Energy Deposition: Yönlendirilmiş elektrik enerjili yazıcılar. Bu teknoloji termal enerji yardımıyla ham maddenin eritilerek bir araya getirilmesiyle yürütülen katmanlı üretim tekniğidir.



Şekil 2. 10. Eklemeli üretim teknolojisi (EÜT) (Url-29,2019).

Bu baskı türünde morotesi ışınlar ve ultraviyole lazer ışınlarına duyarlı olan polimer maddesinden oluşan yapışkan/jelatinli saydam bir madde kullanılır. Belirlenen bir tarza göre ayarlanan lazer ışınları polimer yüzeyini abluka altına alıp işlem yapar. Bu

tarzdan maksat basımı istenen tabakanın yüzeysel kesitidir. Lazer ışınları polimer yüzeyine uğradıktan sonra bu madde donar ve iyice sertleşir. Bu şekilde her bir tabaka diğerinin üzerine inşa edilir. 2013 yılına kadar bu teknik hakkında 399 tane patent alınmıştır. Bu tekniği benimseyen firmalar 3D Systems ve Envisionte şirketleridir (Weber ve ark., 2013):.

2.2.1. Vat Photopolymerisation

VAT polimer işlemleri çok ince detaylı parçaların üretimi ve pürüzsüz yüzeylerin elde edilmesi için oldukça gelişmiş bir teknik olarak kabul edilir. Bu özellik onu takı modellerinin üretimi için vazgeçilmez bir yöntem yapar. Ayrıca birçok diş hekimliği ve medikal uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir. Diğer bir ifadeyle bu teknoloji, bir tank içinde sıvı halde bulunan fotopolimer malzemenin yüzeyini seçici bir şekilde morötesi ışık tarafından kürlenerek polimerleştirdiği katmanlı bir üretim tekniğidir. Gönderilen lazer ışınları bilgisayar kontrollü galvonometrelerle hareket ettirilir. Bu sisteme aynı zamanda Stereolithography (SL) de denir.

2.2.1.1. Stereolithography (SLA)

SLA tekniği morötesi bir lazer ışık kaynağının sıvı halde bulunan fotopolimerik reçineyi katman katman kürlerek katılaştırması işlemidir. Bu teknik 1983 yılında Charles Hulls tarafından keşfedilmiş ve 1986 yılında aynı ilim adamı tarafından geliştirilmiştir. Onun öncülüğünde bu sahada lider olan 3D Systems şirketi kurulmuştur (Hull ve Arcadia., 1984). Bu sistemde CAD/CAM dosyaları katı objelere dönüştürülebilir. Böylelikle “katmanlı üretim” veya “hızlı prototipleme” yahut “üç boyutlu baskı” tekniği doğmuştur (Url-16, 2019).

Bu teknik foto polimer maddesi için kullanılır. (Ultraviyole ışın sayesinde ham madde akışkan halden katı hale dönüştürülür.) Böylelikle sert objelerin üretimi yapılır. Bu teknikte içi reçine ile dolu bir hazne kullanılır. Bu reçine morötesi ışınla kürlleştirilir (Ultraviolet curable photopolymer resin). Bu teknik yapımı istenilen model ne kadar karmaşık olursa olsun onu, yüksek bir kalite düzeyinde çok kısa bir süre içinde üretme açısından öne çıkar.

Bu işlem şunlardan oluşur:

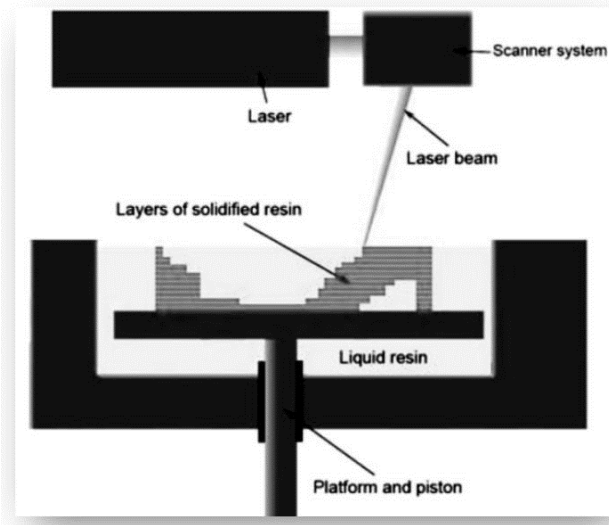
- Morötesi ışın

- Foto polimer: Bu madde, ışığa veya (morötesi) ışınlarla maruz kaldığında sıvı yapışkan bir halden elastik ve sert bir hale dönüşen maddedir.
- Reçine: Hazne içine konan ve hava ile temas edince sertleşen sıvı bir maddedir.
- Platform: Üzerinde objenin üretildiği zemindir.
- Kontrol sistemi.

Bu tekniğin iş mekanizması:

Asansör sistemi sayesinde platform alçalır. Platform zemini reçine yüzeyi altında bir tabaka kalınlığına varıncaya kadar alçalmaya devam eder.

Platform üzerinde lazer ışınları gönderilir ve modelin ilk tabaka resmi çıkarılır. Birinci tabakada lazer ışını ile etkileşime giren reçine (billurlaşır) sertleşir. Sonra platformun asansörü alçalır (Bir tabaka kalınlığı ölçüsüne eşit olacak bir şekilde alçalır. Bu ölçü genellikle 0,05 mm den 0,15 mm'e kadardır). Birinci tabakadaki işlem tekrar edilerek ikinci tabaka yapılır. Yazıcıya yüklemiş olduğumuz model üç boyutlu bir hale gelip tamamlanıncaya kadar bu işlemler tekrar edilir. Baskı işlemi bittikten sonra platform üzerindeki model alınıp üzerinde kalan fazla reçinelerden arıtılıp temizlenir. 3B yazıcıdan çıkartılan ürün son bir işlem yapılmak üzere içinde ultraviyole ışınları olan bir fırında 20 dakika bekletilir. Çıkartılan reçineler başka bir işlemde tekrar kullanılabilir. Böylece sarf malzemesinin israfı engellenir.



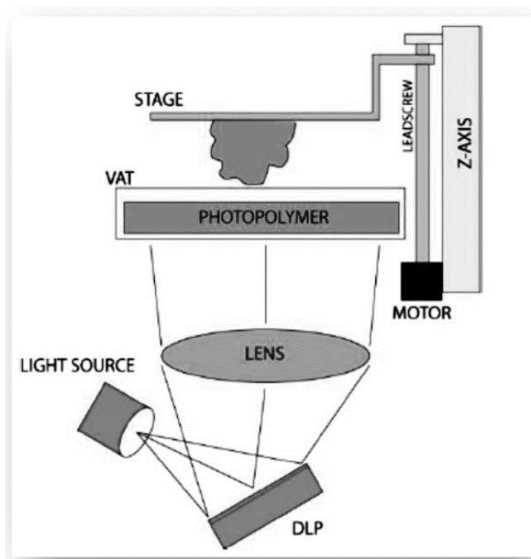
Şekil 2. 12. SLA Tekniği (Huang, 2009).



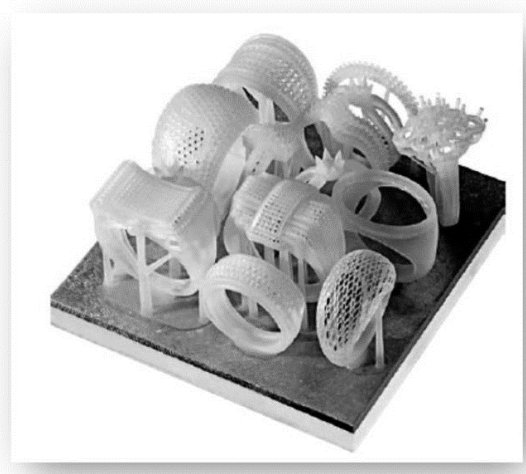
Şekil 2. 11. 3D Sistemi SLA 250

2.2.1.2. Direct Light Processing (DLP)

Dijital ışık işleme (Digital Light Processing-DLP) teknolojisinde ışın mikro aynalarla yönlendirilip tank içinde sıvı halde bulunan ham maddenin yüzeyi taranarak kürleştirilir. Bu yöntemle yüksek çözünürlüklü pürüzsüz yüzeyli kaliteli ürünler elde edilebilir. Klasik bir DLP sisteminde ışık kaynağı tankın altında konumlanır ve sıvı haldeki fotopolimer malzeme alttaki şeffaf yüzeyden geçerek kürleştirir (Caffrey ve ark , 2016).

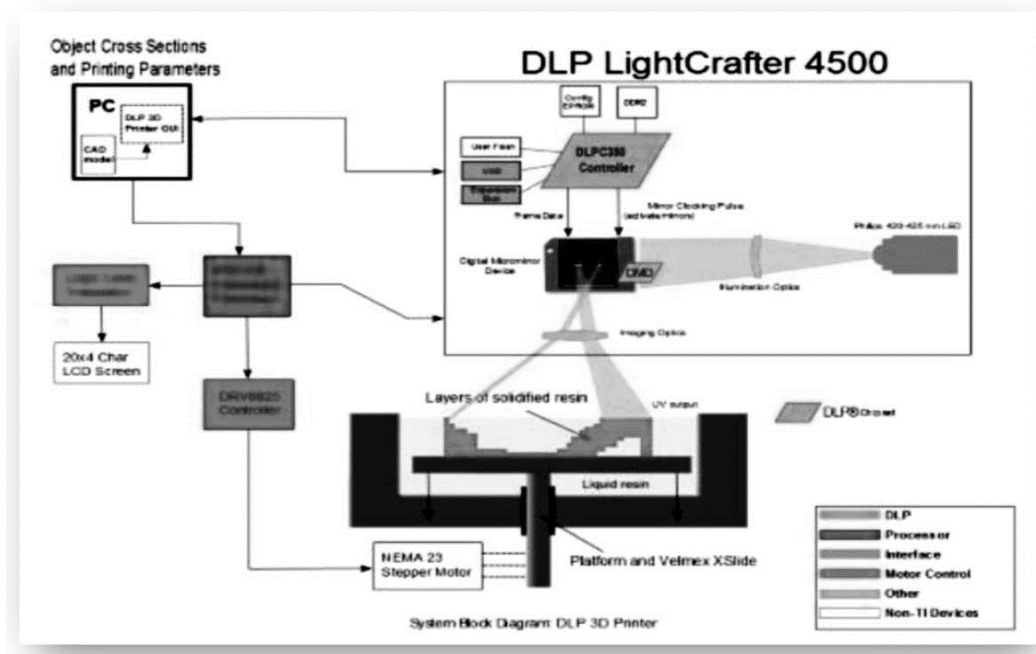


Şekil 2. 14. 3D DLP Teknolojisi (Url-30,2019).



Şekil 2. 13. DLP tekniği ile üretilen mücevher modelleri

Bu teknik Texas Cihaz Şirketi'nde çalışan Dr. Larry Hornbeck tarafından 1997 yılında geliştirilmiştir (Hornbeck, 1997). Bu yöntemle yüksek çözünürlüklü pürüzsüz yüzeyli kaliteli ürünler elde edilebilir.



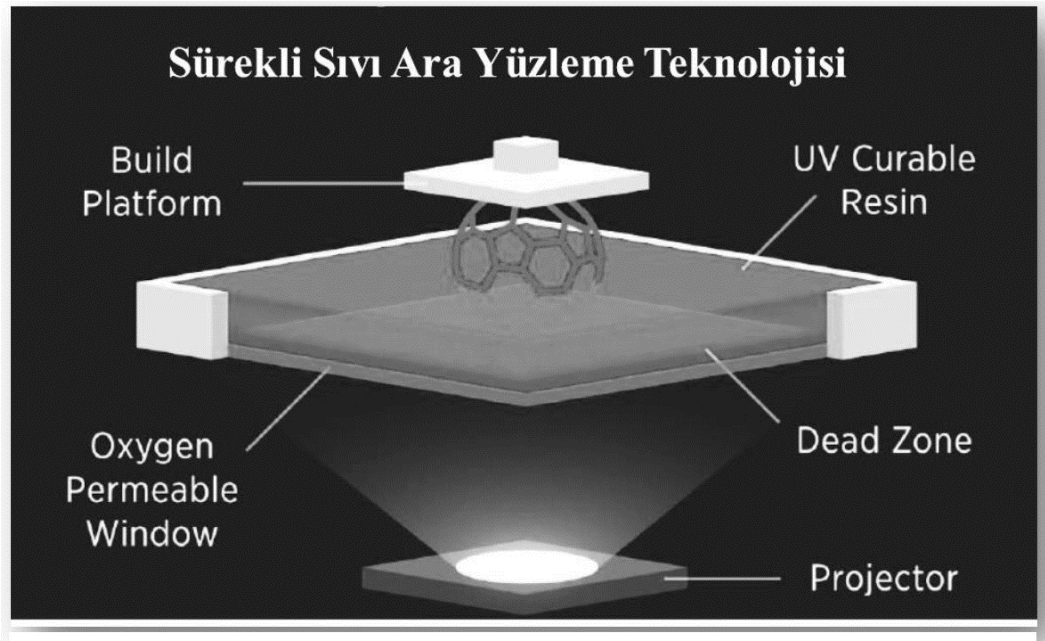
Şekil 2. 15. DLP Tekniği (Url-31,2019).

Bu teknik model üretme bakımından SLA sistemine aşağı yukarı benzer bir tarzdadır. Aralarındaki temel fark DLP teknolojisi her bir tabaka için bir fotoğraf sinyali vermek için ışksal dijital bir ekran kullanır. Çünkü sunum cihazı dijital bir ekrandan ibarettir. Her tabakadaki fotoğraf kare plastiklerden oluşur. Bunlardan “vokseller” diye isimlendirilen küçük dikdörtgen kalıplardan oluşan bir tabaka elde edilir. (Voxel bir noktayı 3 boyutlu uzamda tanımlayan grafik bilgisi olup bir pikselin 3 boyutlu karşılığıdır.) DLP sistemi sayesinde SLA tekniği ile çalışan bazı cihazlara göre daha hızlı baskı elde etmek mümkündür. Lazer kullanımı ile yapılan kesiti takip etme yerine bu sistemde her tabaka tek bir seferde basılır.

Bu teknik ev yazıcılarında kullanılır. Bu yöntem hızlı baskı özelliğine ek olarak az maliyet, yüksek çözünürlük, pürüzsüz yüzey ve ziyan edilen ham maddenin (resin/reçine) çok az olması gibi diğer özelliklerle öne çıkar.

2.2.1.3. Continuous DLP (CDLP)

Bu teknik doğrudan ışınla sürekli işlem yapan bir sistemdir (CDLP). Bu teknik aynı zamanda sürekli akan cephe üretimi veya CLIP diye bilinir. Bu teknik DLP sistemi ile tamamen aynı tarzda çalışmasıyla birlikte, yapı levhası üstünde (yukarıya doğru) Z harfi yönünde devamlı hareket etme sistemine dayanır. Bu hareket tarzı yapının çabuk bitmesini sağlar. Çünkü her tabakanın üretimi bittikten sonra yazıcıda duraklama görülmez (Dean ve ark., 2012).



Şekil 2. 16. CDLP Tekniği. Aynı zamanda buna CLIP tekniği denilir (Url-32,2019).

2.2.2. Powder Bed Fusion

Powder Bed Fusion teknolojisi, yüksek voltajdaki lazer ışınli termal enerjinin, toz yatağı üzerinde basılması istenen şeklin kesitine göre seçilmiş alanlar üzerinde nüfuz etmesiyle çalışan bir sistemdir. Termal enerji sayesinde toz halindeki materyal eriyip bir araya geldikten sonra meydana gelen parça soğuyarak katı bir model halini alır. İlk tabakanın tamamı pudra yüzeyi üzerinde basıldıktan sonra yazıcıya özel olarak tasarlanan asansör, modelin ikinci tabakasına göre pudradan yeni bir tabaka yapmak için aşağıya doğru alçalır. Bu teknikte kullanılan toz zerrecikleri genellikle plastik veya metal olur.

2013 yılına kadar bu teknik 243 tane patent almıştır. Bu tekniği benimseyip üretim yapan şirketler şunlardır (Weber ve ark., 2013):

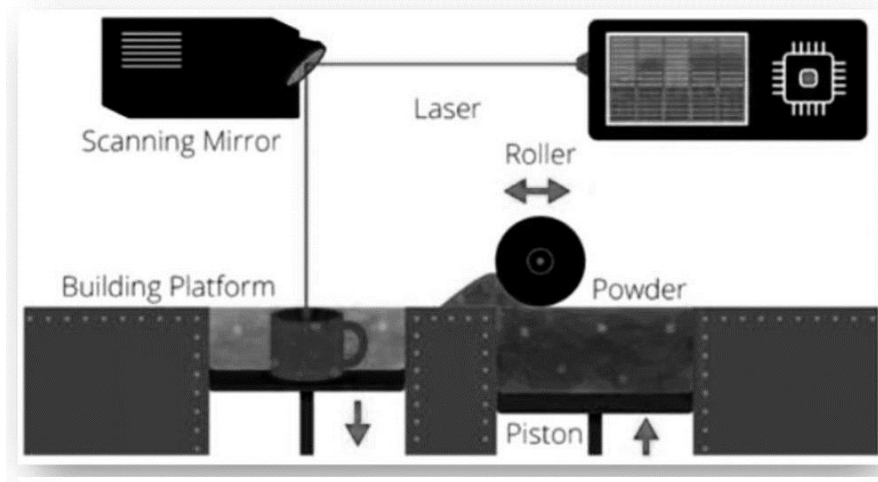
- 1) 3D Systems. 2) EOS. 3) ReaLizer. 4) Arcam.

Bu yöntem için kullanılan terimlerin bazıları şunlardır: Laser sintering, selective laser sintering (SLS), direct metal laser sintering ve electron beam melting.

2.2.2.1. Selective Laser Sintering (SLS)

Seçici lazer sinterleme (SLS) tekniği, Teksas Üniversitesi öğretim üyesi Dr. Carl Deckard tarafından 1988 yılında icat edilmiştir (Deckard ve ark., 1992). Bu teknolojiye üretimi istenilen objenin platform üzerinde hedeflenen şekle göre baskısı yapılırken plastik, metal, porselen yahut cam parçacıklarını bitleştirip kaynak etme gücü olan lazer tekniği kullanılır. Lazer ışınları seçici bir şekilde öğütülmüş (pudra) toz halinde bulunan ham maddeyi birleştirip kaynak eder. 3B yazıcı 3B resim programının yapmış olduğu tabakanın (kesitin) bilgilerini okur ve sonra toz granüller üzerinde baskısını yapar. Daha sonra toz granülleri taşıyan platform üretimi istenen tabakanın kalınlığı kadar bir derece alta iner. Bunun üzerinde tozdan yeni bir tabaka eklenir. Bunun ardından her bir tabakada aynı işlem tekrar edilir. Bu şekilde modelin basımı bitene kadar devam edilir (Olakanmi ve ark., 2015).

Lazerin dokunmadığı tabakalar önceki hali ile kalır. Bu tozlar modellemesi yapılan obje son şeklini alana kadar ona payandalık yapar. Bu özellik sayesinde modelist, baskısını yaptığı objeyi destekleyip ayakta tutmak için ekstra bir yapı tasarlamak zorunda kalmaz. Ayrıca kullanılmayan tozlar geri dönüşümlü olarak bir sonraki baskıda kullanılabilir. Böylece hem baskısı yapılan cisim ayakta tutulmuş hem de malzeme israf edilmemiş olur. Bu işlem destekleyici bir yapıya (payandaya) ihtiyaç duymadığı için önem arz eder Çünkü bu işlemde baskı süresi boyunca modellemesi yapılan objeyi ayakta tutan şey, sadece mevcut tozdur. Kullanılmayan tozlar gelecek işlemde tekrar kullanılabilir. Ancak bu tozlar sürekli olarak tekrar kullanılamaz. Çünkü sinterlenmemiş bir halde bulunan bu tozlar, erime sıcaklığının hemen altında bir sıcaklığı absorbe ettikleri için termal ve mekanik özelliklerinin bir kısmını kaybederler. İşte bu yüzden bu tozları tekrar kullanabilmek için, bir sonraki baskı öncesinde belirli oranda hiç bozunuma uğramamış taze haldeki toz ham madde ilavesi yapmak gerekir.



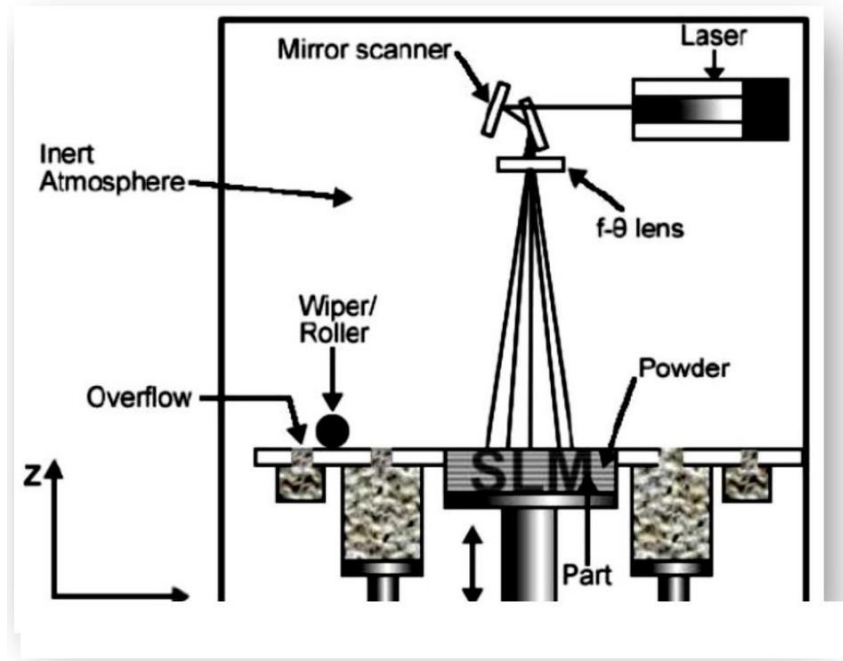
Şekil 2. 17. SLS Tekniği (Url-33,2019).

Seçici lazer sinterleme (SLS) tekniği, yüksek kaliteli maddelerden sadece küçük hacimli ürünlere ihtiyaç duyan sanayilere has bir şekilde daha faydalı olabileceğini ispat etmiştir. Bu sanayilerden birisine örnek olarak uçak sanayisini söyleyebiliriz. SLS tekniği uçak parçalarını modelleme işleminde kullanılabilir. Aynı şekilde bu teknik, son derece karmaşık geometriye sahip nesnelerin tasarım ve basımını yapmak isteyenlere faydalıdır. Çünkü bu tekniğin en büyük özelliği yüksek çözünürlüklü baskı yapmasıdır. Şu an itibarıyla Amerika Birleşik Devletleri'nde SLS tekniği ile en çok bağlantısı olan şirket 3D System şirkettir (Url-17, 2019).

2.2.2.2. Selective Laser Melting (SLM) and Direct Metal Laser Sintering (DMLS)

Bu teknik Almanya'daki Fraunhofer Enstitüsü'nde 1995 yılında başlamıştır ve bir Alman araştırma projesidir (Yap ve ark., 2015). Soz konus Teknik lazer ışını ile selektif kürleştirme SLS tekniğinden farklıdır. Çünkü bu teknikte toz halinde bulunan ham madde tamamen selektif bir şekilde yüksek enerjili lazer ışınları ile eritilir. Bu teknikte kullanılan makinelerin özellikleri tipik sanayi yöntemlerinde kullanılan makinelerin özelliklerine benzer.

Bu teknikle birlikte baskı yaparken takım çeliklerine (tool steels) ek olarak alüminyum, titanyum, kobalt, krom gibi birçok ham maddeyi kullanmak mümkündür. Bu teknik sayesinde çok karmaşık geometrilere sahip modeller ve prototipler üretilebilir. NASA ajansı füze motorlarında nikel alaşımlardan yapılmış bazı karmaşık parçaların üretiminde bu tekniği kullanmıştır (Mohon, 2015).



Şekil 2. 18. SLM Tekniği (Url-34,2019).

Metal katmanlı üretim tekniklerinin çoğunda powder bed fusion teknolojisi kullanılır. Bu alanda en büyük üretim hacmine sahip EOS şirketi, bu prosese “direct metal laser sintering” (DMLS) adını vermiştir. Renishaw şirketi bu sisteme “laser melting” adını verirken SLM Solutions ve ReaLizer firmaları “selective laser melting” (SLM) demeyi tercih etmişlerdir (Caffrey ve ark., 2016).

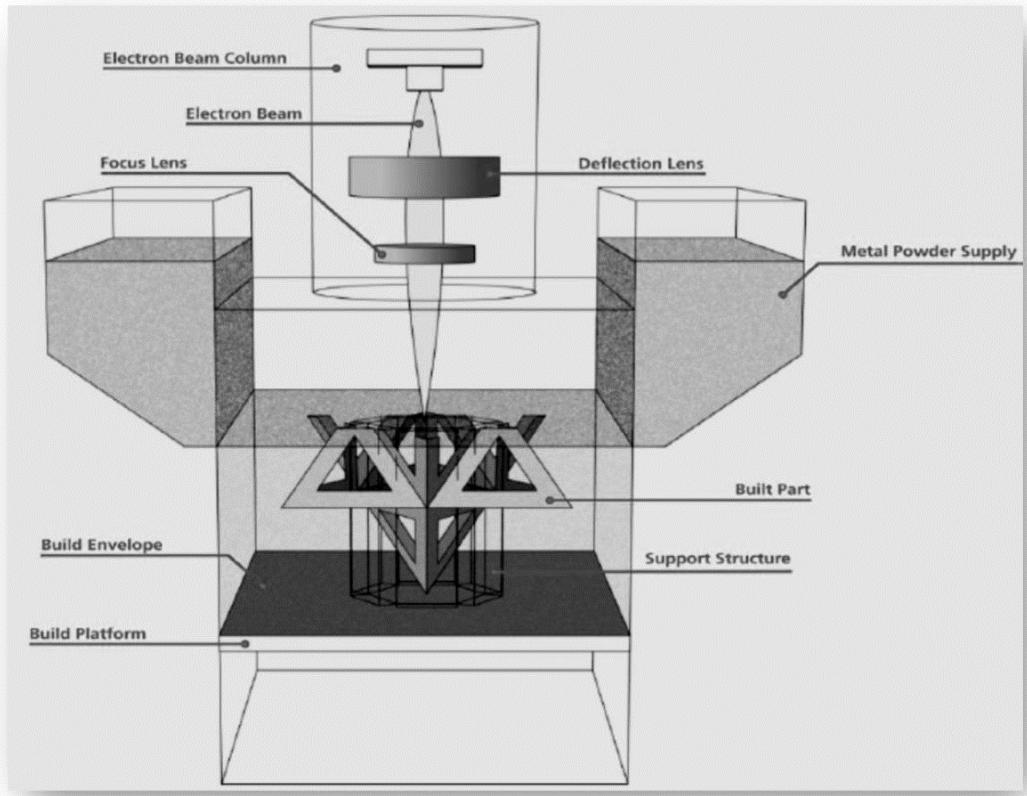
2.2.2.3. Electron Beam Melting (EBM)

Elektron ışını huzmesi ile ergitme tekniği, eklemeli üretim tekniklerinden geliştirilmiş bir tekniktir. Bu teknik (İsveçli) Arcam AB firması ve (Alman) EOS GmbH şirketleri tarafından 2005 yılından beri kullanılmaktadır. Nitekim elektron ışını huzmesi ile ergitme tekniği, lazer ışını huzmesi veya termal baskı başlıklarına alternatif olarak kullanılır. Bunun amacı toz halindeki metal partiküllerinin birbirine iyice birleşmesini sağlamaktır. Bu teknik genellikle yüksek yoğunluklu metal parçaların üretimi işleminde kullanılır. Elektron huzmesi ile eritme tekniğinde kullanılan malzeme genellikle toz halinde saf külçe şeklindedir. Karışıma eklenen başka madde yoktur (Murr ve ark., 2012).

Toz halindeki metal partikülleri bir masa veya sıcaklık derecesi yeterli seviyeye gelen yazıcının üretim platformuna dökülüp yayılması ile 3B baskı işlemi başlar. Metalik

malzeme üzerinde oksitlenmeyi azaltmak için baskı odası boşaltılır. Elektron huzmesi yayan yazıcı başlığı elektro manyetik bobin vasıtasıyla metalik pudra tabakasının üzerinde mekik dokur gibi dolaşır. Birinci tabakanın üretimini yapmak için basımı istenilen obje kesit alanlarını eritir. Elektron huzmesi kesit alanlarını çok hızlı bir şekilde eritir. Bu işlem kürleştirme ve diğer ergitme ile yapılan prototip işlemlerine kıyasla daha hızlı bir şekilde tamamlanır.

Her bir tabakanın yapımı bittikçe silindir, işlemi biten önceki tabakanın üzerine yeni bir tabaka yayar. (Bu işlemin kontrolü otomatik yapılır.) Üretimi yapılan obje üç boyutlu bir hale gelinceye kadar bu işlemler tekrar eder durur (Url-10, 2019).



Şekil 2. 19. Electron Beam Melting Tekniği (Url-35,2019).

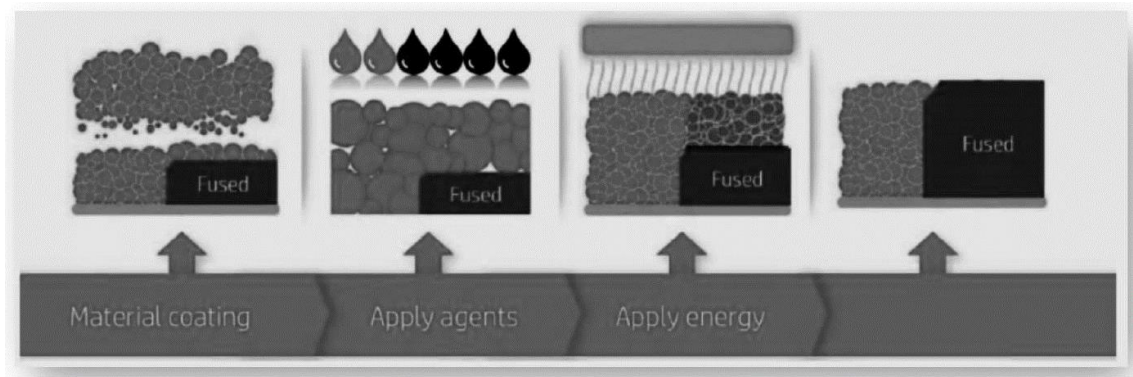
Elektron ışın huzmesi ile ergitme tekniği ileri düzeyde uzamanlık isteyen havacılık ve uzay bilimleri, medikal ve tıbbi tekstil malzemeleri üretiminde kullanılır. Bu teknikte kullanılan birçok ham madde vardır. Bunlar arasında titanyum alaşımı ve farklı türlerde kobalt krom maddesi vardır. Bu maddeler elektron ışın huzmesi ile ergitme tekniğinde temel bir ham madde olarak kullanılabilir.

Bu teknik insan organlarını veya bir kesiti üretme imkânı verir. Çünkü bu teknik, model objenin mekanik özelliklerini elde etmek amacıyla herhangi bir termal işlem yapma ihtiyacı duymaz. Aynı şekilde bu teknik, herhangi bir iç gerilme olmaksızın veya çok az bir gerilme ile yüksek yoğunluklarda model parçaları üretme imkânı sağlar. Bunun sebebi maddeyi eritme esnasındaki elektronik huzmenin yüksek sıcaklık derecesidir. İşte bu nedenlerle bu teknik düşük maliyetlerle yüksek çözünürlüklü üretim yapma imkânı sağlar.

2.2.2.4. Multi Jet Fusion (MJF)

Bu teknikte toz haldeki termo plastik maddeyle birlikte onu birleştirici başka bir madde kullanılır. Yapıştırıcı ham maddenin uygulandığı yerlerin üzerinden daha sonra bir enerji kaynağı geçerek o bölgelere nüfuz eder ve bu maddenin katılaşmasını sağlar (Caffrey ve ark, 2016).

Multi Jet Fusion toz bazlı bir teknolojidir ancak SLS gibi lazerleri kullanmaz. Çoklu jet füzyon (MJF) tekniği Hewlett-Packard (HP) şirketi tarafından 2016 yılında geliştirilmiştir. Aslında bu teknik SLS ve Material Jetting tekniğinin birleştirilmiş halidir. Nozul ağızlıklar takılı olan aparat, yazıcı platformu üzerinde dolaşır (Kullanılan bu ağızlıklar masaüstü iki boyutlu yazıcıların nozullarına benzer). İnşa zemini üzerine plastik ince bir toz tabakası çöker. Bu toz tabaka basımı istenen tabakanın genel hatlarını çizmekten ibarettir. Daha sonra enerji kaynağı yüksek voltajlı kırmızı bir ışın olarak platform üstünde dolaşır. Bu esnada toz zerrecikleri eriyip birbiriyle birleşerek yapışkan bir tabaka meydana gelir. Bütün tabakalar tamamlanıncaya kadar bu işlem devam eder (Url-13, 2019). Bu tekniğe ait sürecin temel unsurları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2. 20. Multi Jet Fusion Tekniği (Url-36,2019).

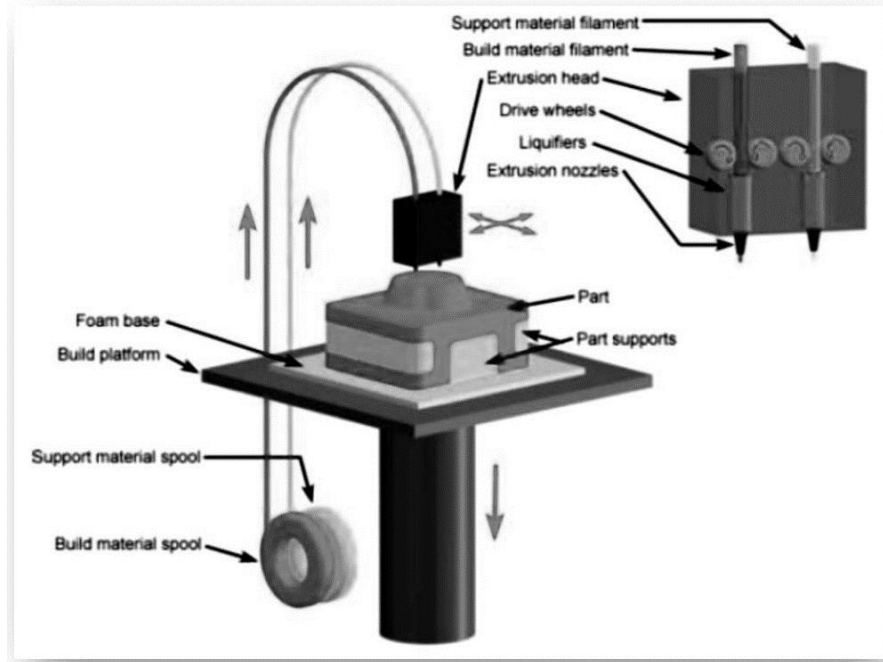
2.2.3. Material Extrusion

Bu teknoloji bir nozul ya da orifis tarafından materyalin selektif olarak dağıtıldığı katmanlı üretim yöntemidir. Ham madde ekstrüzyon kafasında eritilerek nozul tarafından seçici olarak baskı yatağı üzerine dökülür. Yahut bu hareket baskı alanı tablasında x-y düzleminde hareket edilerek sağlanır. İlk katman tamamlandıktan sonra, yapı platformu hareket ederek aşağıya doğru iner veya ekstrüzyon kafası hareket edip aynı düzleme gelir. Sonra bir önceki katman üstüne yeni bir katman basılır. Bu teknikte ham madde olarak genellikle makara halinde termoplastik filamet kullanılır (Caffrey ve ark, 2016).

Diş macununu tüp içinden basarak çıkartma yöntemine benzer bir stilde, bu sistemle çalışan nozul ağızlıklar ham maddeyi yapı levhasının üzerine püskürtür. Bu ağızlıklar baskı öncesi belirlenen güzergâhı takip edip tabaka üzerine başka bir tabaka inşa ederek modelin baskısını tamamlar. Bu teknik henüz araştırma aşamasındadır.

Bu teknik 2013 yılına kadar 203 tane patent almıştır. Bu tekniği benimseyip üretim yapan şirketler şunlardır (Weber ve ark., 2013):

- 1) Stratasys. 2) Makerbot. 3) Bits from Bytes.



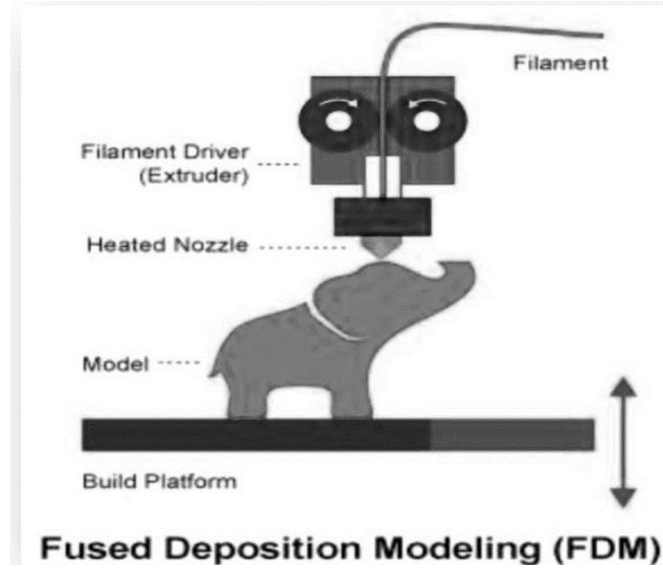
Şekil 2. 21. Material Extrusion Tekniği (Mukhopadhyay ve Poojary, 2018).

2.2.3.1. Fused Deposition Modeling (FDM)

FDM tekniğine bazen Filet Filament Fabrication-FFF denir. Bu isim aslında yasal gerekçelerden dolayı Stratasys'in keşfettiği Fused Deposition Modelling-FDM ismine alternatif olarak çıkartılan bir isimdir (Wittbrodt ve ark., 2013).

FDM sisteminde eş zamanlı iki baskı yapılır. Birincisi yapı malzemesi olan ham maddenin baskısı diğeri ise, destek materyalinin baskısıdır (Caffrey ve ark, 2016).

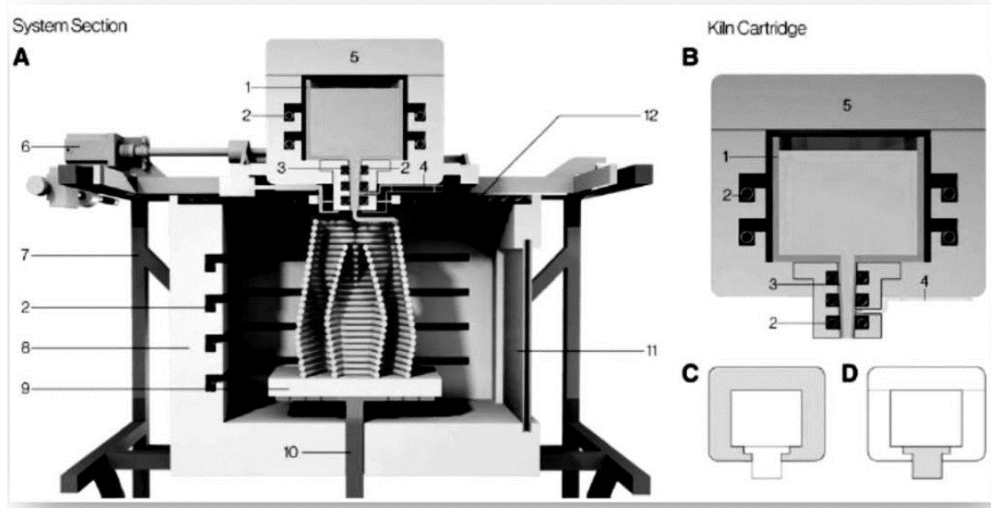
Bu teknikle çalışan yazıcıda tel veya ip şeklinde bir filament kullanılır. Bu filament (yazıcı toneri) üzerinde ağız olan ince ve konik bir başlığa uzanır. Yazıcı başlığı baskı maddesini eritmek için ısınır. Başlığın yatay ve dikey hareketi esnasında istenen şekle başlık ağzından ısıl işlem gören ham madde çıkar. Başlık ağzından çıkan madde oda sıcaklığında soğur ve katılaşır. Bu tekniği geçen yüzyılın sonunda Scott Crump icat etmiştir (Crump, 1992).



Şekil 2. 22. Fused Deposition Modelling-FDM Tekniği (Url-37,2019).

2.2.3.2. Glass 3D Printing (FDM)

Bu tip yazıcılar cam üretiminde kullanılır. İlk defa 2015 yılında ortaya çıkmıştır. 2018 yılının sonunda Massachusetts Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir.



Şekil 2. 23. G3DP Tekniği (Frantzen, 2018).

Bu tip yazıcılarda camı eritmek amacıyla yapılan ve sıcaklığı 1000 °C'ye varan sert bir fırın (pota) bulunur. Ayrıca bu potadan sıvı bir şekilde cam çıkan bir fırın ağızlığı vardır. Bu tip yazıcılar DFM tekniği stiline göre çalışır (Frantzen, 2018).

2.2.4. Material Jetting

Bu tip yazıcılarda kullanılan temel ham madde, foto polimer bir malzeme ya da hassas dökümde kullanılabilen mum tabanlı bir malzemedir. Bu teknik inkjet baskı kafası gibi bir kafa kullanılmıştır. Bu teknikte yapı malzemesini damlalar halinde üst üste yığan bir veya daha fazla kafa bulunur. İşlemden geçen madde bu başlıklar sayesinde aynı anda püskürtmeyi destekleyen bir madde ile birlikte seçici olarak damlacık halinde püskürtülür. Bundan sonra maddeler mor ötesi ışınlar sayesinde sıvı foto polimer bir hale dönüşür. Böylece her tabakanın çizim ve baskısı yapılmış olur.

Bu yöntemle baskı yapan yazıcılar, çok geniş ürün yelpazesinde üretim yapma imkânı verir. Yani bu baskı makinelerinde tek bir parça üretmek mümkün olduğu gibi komplike nesnelere de üretmek mümkündür. Sarfiyat malzemesi olarak farklı özelliklerde birçok madde kullanılabilir. Ayrıca bu teknikle yüksek çözünürlüklü, çok detaylı ve sanki cilalı gibi pürüzsüz bir ürün basımı yapmak mümkündür (Ambrosi ve Pumera, 2016). Bu tekniği benimseyip üretim yapan şirketler şunlardır:

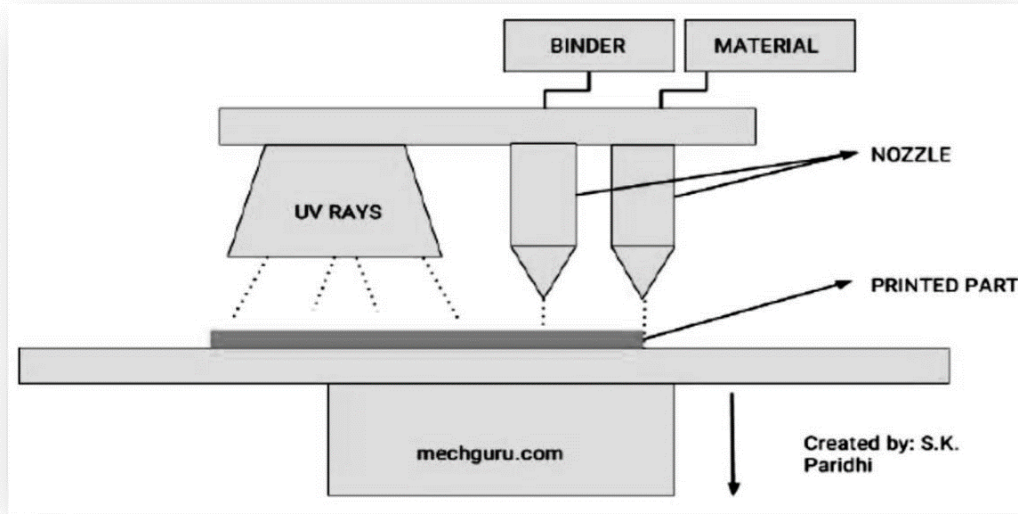
- 1) Objet. 2) Solidscape. 3) Stratasys, 4) 3D Systems 5) Keyence.

2.2.4.1. Material Jetting

Bu teknik nitelik bakımından inkjet adıyla bilinen normal yazıcılara benzer. Tipik yazıcılarda kâğıt üzerine mürekkep damlacıkları püskürtülür. Bu teknikle çalışan 3B yazıcılarda ise morötesi ışınlar vasıtasıyla işlem gören akışkan foto polimer malzemesi üretim platformu üzerine püskürtülür.

Bir önceki paragrafta belirttiğimiz gibi bu tip yazıcılar baskı zemini üzerine sıvı madde damlacıkları püskürtür. Bunun ardından ultraviyole ışınlar gelip akışkan madde üzerinde gezinir. Son derece ince bir tabakanın donmasıyla ilk işlem tamamlanır. Üretimi istenilen nesne son halini alıncaya kadar bu işlemler ardı sıra tekrar eder. Bu esnada işlem sonunda obje üzerinden kolaylıkla giderilebilen jelatinli saydam bir madde kullanılır (Varotsis, 2016)

Bu tip yazıcıların bazılarında grup halinde püskürtme yapabilen başlıklar vardır. Bu sayede aynı model içinde farklı renkler kullanmak mümkün olur.



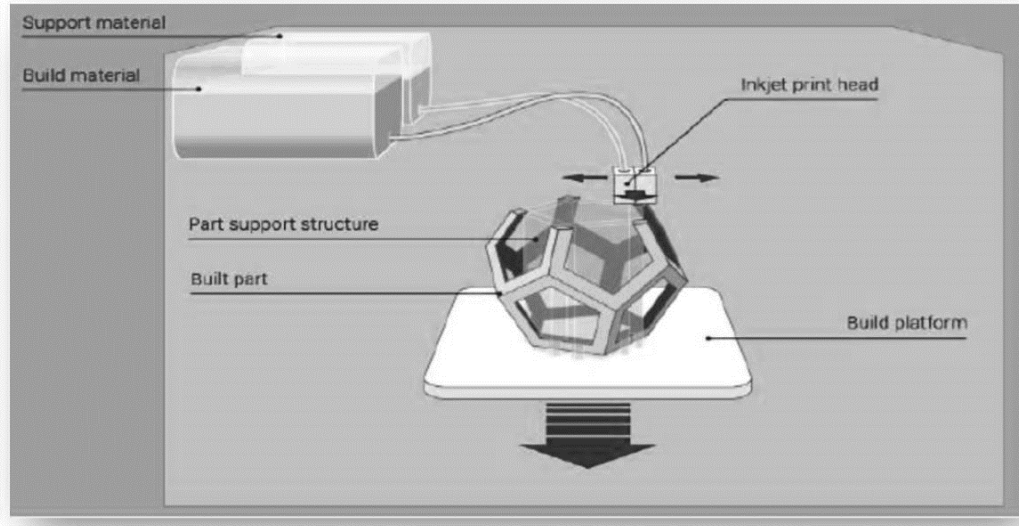
Şekil 2. 24. Material Jetting Tekniği (Url-38, 2019).

2.2.4.2. Nano Particle Jetting (NPJ)

Bu teknikte (NPJ) püskürtme olarak, metalik nano partikülleri içeren akışkan parçacıklar kullanılır. Bu maddeler kartuş gibi yazıcıya verilir. Sonra bu madde yapım çekmecesine intikal eder. Daha sonra çok küçük ve ince bir tabaka haline dönüşür. Yapım kabı içine alınan bu maddeye çok yüksek derecede ısı verilerek metalik parçalar damıtılıp buharlaştırılır ve akışkan hale getirilir (Url-18, 2019).

2.2.4.3. Drop-On-Demand (DOD)

DOD tipi yazıcılarda üretim platformu üzerine bir yapı malzemesini koymak (ki bu malzeme genellikle mumla benzeyen sıvı bir maddedir) ve diğeri, erimeye elverişli olan destek malzemesini koymak için kullanılan iki tane enjektör vardır. İsteğe bağlı damlacık (DOD) teknolojisini kullanan bu yazıcılar tipik AM tekniği stlinde çalışırken daha önce belirlenen yolu takip eder. Objenin bir tabakası yapılırken gerekli malzemeler çok hassas bir şekilde yerleştirilir. Diğer tabakalar da ilk tabaka gibi ardı sıra obje üç boyutlu bir hale gelip tamamen bitinceye kadar baskıya devam edilir (Url-19, 2019).



Şekil 2. 25. Drop - On - Demand Tekniği (Url-19, 2019).

2.2.5. Binder Jetting

Binder jetting (yapıştırıcı püskürtme) sistemi, sıvı halde bulunan yapıştırıcı malzemenin bir inkjet başlığındaki nozullardan toz haldeki malzemenin üzerinde seçici olarak damlatılarak bir araya getirilmesi yöntemiyle çalışan bir tekniktir (Caffrey ve ark, 2016).

MIT firması tarafından icat edilen bu teknik Massachhsetts Teknoloji Enstitüsü tarafından 1993-1995 yılları arasındaki dönemde geliştirilmiştir (Sachs ve ark., 1993). Bu teknik 2013 yılına kadar 247 tane patent almıştır. Bu tekniği benimseyip üretim yapan şirketler şunlardır (Weber ve ark., 2013):

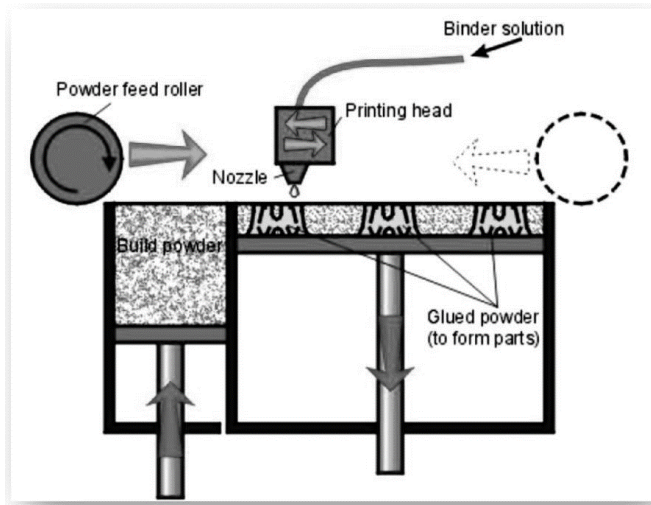
1) 3D Systems. 2) EXOne. 3) Z Corp.

Bu teknik daha önce açıkladığımız SLS, SLM tekniğine oldukça benzer. Çünkü bu teknikte de inkjet başlığıyla birlikte malzeme dağıtılır. Arasındaki fark, baskı başlığından sıvı halde dağıtılan malzemenin yapı maddesi değil, toz haldeki ham maddeyi bir araya getirmek için kullanılan yapıştırıcı bir malzeme olmasıdır. Burada temel madde toz halinde bulunur. SLS, SLM sisteminde olduğu gibi lazer vasıtasıyla değil, bağlayıcı bir madde vasıtasıyla seçici bir şekilde toz zerrecikleri birleştirilir.

2.2.5.1. Binder Jetting

Bu sistemde sıva bazlı toz ham madde ile sıvı bir yapıştırıcı madde kullanılır. Bu teknikteki işlem kullanılacak maddenin toz hali, üretim platformu üzerine yayılması ile başlar. Sonra ikisi beraber eritilmesi için onun üzerine kaplama maddesi yayılır. Birinci tabakanın eritilme işlemi biter bitmez yazıcının alt zemini yanı işlemi bir kez daha yapmak için aşağıya doğru hareket eder. Modelleme işlemi bitinceye kadar işlem bu şekilde devam eder. Bundan sonra platform üzerindeki model kalıntı tozlardan temizlenir. Daha sonra baskısı yapılan objenin sertlik ve mukavemetini artırmak için yapıştırıcı bir madde ile bir kez daha kaplama işlemi yapılır (Gibson ve ark., 2014).

Bu teknik genellikle sanayi ürünlerinde kullanılır. Daha az enerji harcaması bakımından SLS sistemine göre bir adım öne çıkar. Fakat daha az sayıda baskı yaptığı için diğer sistemden bir adım geride kalır. Bu teknik baskı esnasında kumtaşı tozu yöntemine dayanır.



Şekil 2. 26. Binder Jetting Tekniği (Gibson ve ark., 2014).

2.2.6. Directed Energy Deposition

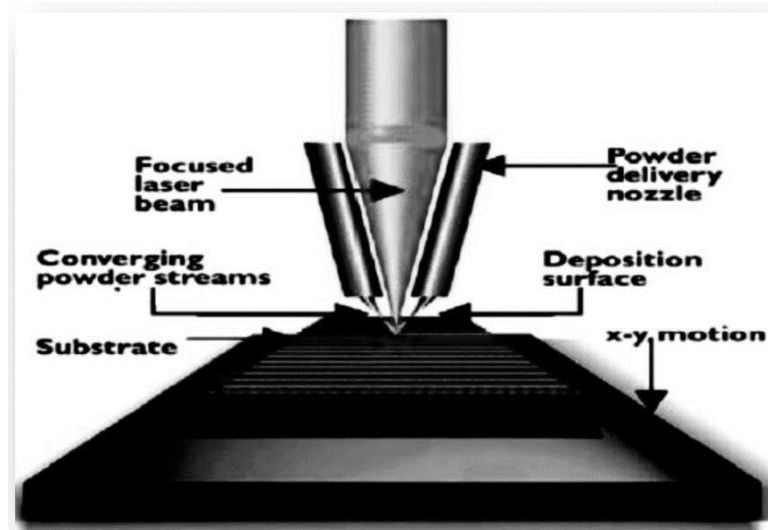
Directed Energy Deposition teknolojisi, çökme esnasında eritme yoluyla ham maddeyi birleştirip kaynak etmek için termal enerjinin malzeme üzerine odaklanarak kullanılmasından ibarettir. Bu teknikte enerji kaynağı olarak genellikle lazer kullanılır. Ham madde ise metal tozları şeklinde kullanılır. Bu süreç aynı zamanda ‘Blown powder AM’ ve ‘Laser cladding’ olarak da bilinir. Bu tekniği benimseyip üretim yapan şirketler şunlardır (Carroll ve ark., 2015):

1) Opto-mec. 2) POM. 3) Sciaky.

2.2.6.1. Laser Engineered Net Shape (LENS)

Optomec firmasının geliştirdiği bu teknik, injekt tarafından verilen metal tozların ve telinin, lazer ışınlarından oluşan bir kiriş tarafından eritilerek daha eritilen ve donan zemin üstüne yeni bir katman eklemesidir (Url-20, 2019).

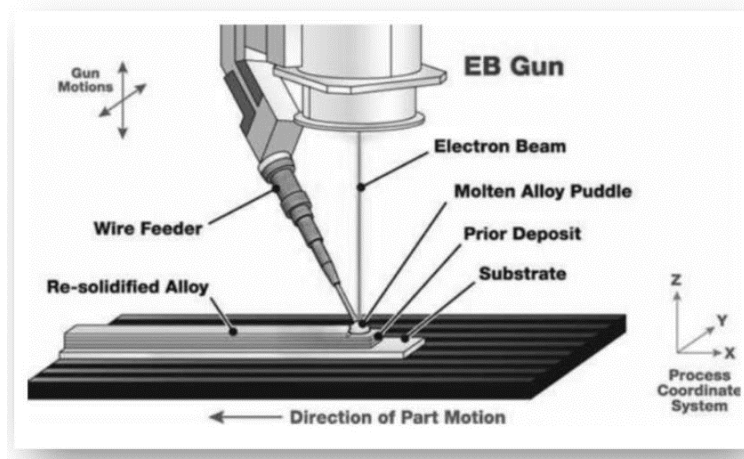
LENS tekniğinde bir başlık, lazer ışını ve toz halinde bir madde kullanılır. Yazıcı kafasının ağzından ham madde toz halinde çıkmasının ardından diğer başlıktan lazer ışınları gelir ve bu tozları eriyik hale getirir. Katman inşa edildikten sonra sertleşir. Daha sonra aynı şekilde diğer katmanlar üst üste yapılır. İnşa bölgesindeki tozlar lazer ışınları tarafından eritildikten sonra aşağı doğru çöker ve sert bir tabaka oluşur (Atwood ve ark., 1996; Romero ve ark., 1996).



Şekil 2. 27. LENS Tekniği (Huang, 2009).

2.2.6.2. Electron Beam Additive Maufacture (EBAM)

EBAM tekniği toz halindeki metalleri kullanarak metal parçalar üretmek için kullanılır. Bu teknikte enerji kaynağı olarak lazer yerine elektron ışınları kullanılarak toz parçacıklar birbirine bağlanır. İşletim sistemi ise LENS tekniğine benzer. Elektron ışınları lazer ışınlarından daha verimli olarak kabul edilir. Bu sistem hava boşluğunda çalışır. Bu teknik dış asmosferde kullanılmak üzere tasarlanmıştır (Gong ve ark., 2014).

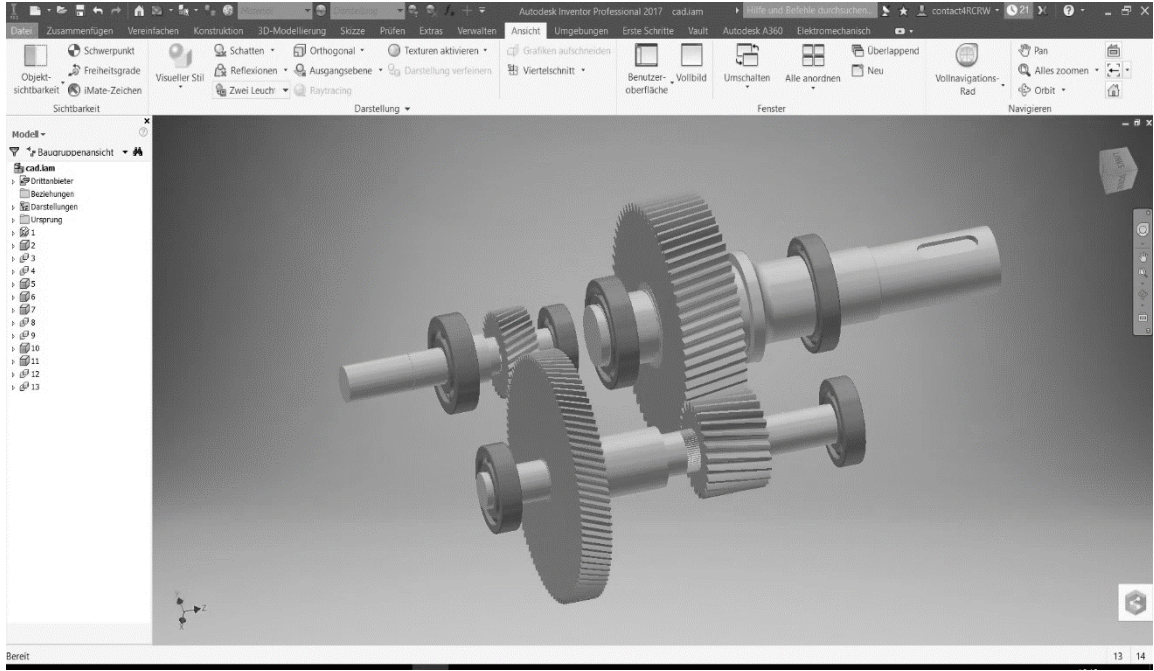


Şekil 2. 28. EBAM Tekniği (Url-39,2019).

2.3. Üç Boyutlu Baskı Adımları

Üç boyutlu yazıcının kullandığı teknik hangisi olursa olsun, baskı işlemlerinin takip ettiği adımlar genellikle değişmez. Ian Gibson, David W. Rosen ve Brent Stucker “imalat sentezi teknolojisi” isimli kitaplarında bu adımları şöyle belirlemişlerdir: Hızlı prototiplemeden otomatik dijital imalata varıncaya kadar takip edilmesi gereken sekiz adım şöyledir (Edgar ve Tint, 2015):

Birinci Adım: Bilgisayar yardımıyla programlama. Bunun için CAD adıyla bilinen bilgisayarlı tasarım programları kullanılır. Bazen bu programlar yazıcıda kullanılacak maddenin kimyasal durumu hakkında bilgiler verir. CAD programlamaları ile birlikte gelen sanal üretim yoluyla belirli şartlarda bu madde nasıl bir hal alacağı ve ortaya nasıl bir ürün çıkacağı gösterilir.



Şekil 2. 29. Üç boyutlu resim tasarım programlarından biri

İkinci Adım: CAD formatını dosya türlerinden birisi olan G-CODE formatına çevirmek. Bu kısaltmanın açılımı Standard Tessellation Language (standart mozaik dil)'dir. Bu dosyaların formatı Stereolithography cihazlarında kullanmak için (SLA) "3D Systems" (Üç Boyutlu Sistemler) Şirketi tarafından 1987 yılında geliştirilmiştir. 3B yazıcıların çoğunluğu G-CODE dosyaları ile çalışır. Bununla birlikte her şirketin kendisine göre tasarlayıp icat ettiği başka dosya formatları da vardır. Örneğin ZPR formatı Z şirketine aittir. ObjF formatı da Objet Geometries şirketine aittir.

Üçüncü Adım: Verilerin sentezleme imalat cihazına gönderilmesi ve G-CODE dosyalarının değiştirilmesi. Kullanıcı daha sonra yazıcıya gönderecek olduğu bu dosyaların boyutlarını belirlemek için, G-CODE formatlı dosyaları 3B yazıcının bağlı olduğu bilgisayara kopyalar. Bu işlem 2B yazıcıların özellikleri belirleme işlemine benzer. (Bu yazıcılar kâğıdın iki yönüne aynı baskı yapabilen veya baskıyı kâğıt üzerinde yönlendirebilen makinelerdir.)

Dördüncü Adım: Cihazın hazırlanması. Her bir yazıcı cihazının yeni bir baskı işlemi hazırlamak için özel olarak gereksinim duyduğu bazı özellikler vardır. Bunlar; polimer filamentini yenileme, yapıştırıcı maddeleri koyma ve yazıcının tükettiği ve tüketilecek olduğu diğer maddeleri de hazırlama işlemlerini kapsar. Ayrıca yazıcı

platformunu oluşturan ana gövdeyi koyma veya yüzdellik çözeltilerden yapılmış olan geçici destek yapıtlarını kullanan ek maddeleri yerleştirmeyi de içerir.

Beşinci Adım: İnşa aşaması. Bu adımda yazıcı çalışması için kendi haline bırakırız. Çünkü inşa işlemi genellikle otomatik olarak devam eder. Genel olarak her bir tabaka 0.1 mm'den oluşur. Ancak bu değer basılacak olan objenin durumuna göre artar veya azalabilir. Dolayısıyla bu aşamanın tamamlanması saatlerce hatta günlerce sürebilir. Bu süre basımda kullanılan malzeme, yazıcı cihazı ve basımı hedeflenen nesnenin hacmine göre değişir. Bu uzun süreç içerisinde yapılması isabetli olan iş, baskıda herhangi bir hatanın olmadığından emin olmak için yazıcıyı belli aralıklarla düzenli olarak kontrol etmektir.

Altıncı Adım: Kaldırma işlemi. Bu aşamada basımı tamamlanan obje veya objeler yazıcının platformundan çıkartılır. Bu esnada yaralanmaya karşı gerekli önlemleri almak gerekir. Örneğin, sıcak zeminden korunmak için veya zehirli kimyasal maddelerden etkilenmemek için eldiven giymek gerekir.

Yedinci Adım: Ek işlemler aşaması. Birçok 3B yazıcı, basımı yapılan ürünün sağlam çıkması için bazı ek işlemlere gereksinim duyar. Basılan modeli ayakta tutan tozlardan temizlemek veya yıkamak gerekir. Bu esnada çok dikkatli hareket etmek gerekir çünkü model henüz tam olarak kuramadığı için kırılabilir. Nitekim bazı maddelerin kuruması ve sertleşmesi vakit ister. Dolayısıyla bu aşamada model kırılmaması veya bozulmaması için hassas davranmak gerekir.

Sekizinci Adım: Basımı yapılan modelin kullanılması. Son aşamada yeni basılan cisim veya cisimler kullanılarak onlardan istifade edilir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırmanın Varsayımları

Üç boyutlu baskı teknolojisi, sanayi dünyasında yeni bir devrim meydana getirmesi beklenen modern tekniklerden birisidir. Bu teknik çok yeni olmasına rağmen gözle görülür bir hızda gelişmektedir. Bu teknoloji sanayi ülkeleri ve bu sahada faaliyet gösteren şirketler ve gelişmiş ülkelerin devlet yetkilileri tarafından büyük bir ilgi görmüştür. Çünkü bu teknolojinin kullanıldığı alanlar çok genişlemiştir. Bu teknoloji sadece sanayi sektörüne değil; dahası tıp, eğitim, uzay, gıda gibi birçok alana girmiştir. Her geçen sene bu alanda yapılmış olan onlarca bilimsel araştırma görüyoruz. Araştırmacılar bu teknolojiyi daha da geliştirmek için birbirleriyle yarışıyorlar. Bunun en önemli sebeplerinden birisi, yakın bir gelecekte farklı sektörlere bu teknolojinin hâkim olacağını beklenmesidir.

Bu çalışmadaki amacımız; üç boyutlu yazıcıya kabiliyetini arttıran bazı özellikler eklemek suretiyle gelecek için önemli olan bu teknolojinin gelişmesine katkı sağlamaktır. Söz konusu eklemeleri şu şekilde özetleyebiliriz:

1. 3B yazıcı önceki baskı durumunu bilebilir. Yani baskının bitip bitmediğini algılar.
2. 3B yazıcı, elektrik kesintisi sebebiyle yarım kalan model basımını tamamlayabilir. Böyle bir durumda modeli kaldırıp atmaya gerek kalmaz. Bilakis yazıcı elektrik geldiğinde daha önce kaldığı noktadan hareket ederek basım işlemini tamamlar.
3. 3B yazıcı, model basımında bir hata çıkması halinde -elektronik ileti yoluyla- kullanıcıyı bilgilendirir.
4. Kullanıcı, akıllı cep telefonu veya bilgisayar kullanarak internet üzerinden yazıcıya yeniden başlama komutu gönderir.
5. Yazıcı kullanıcıdan ilgili komutu aldıktan sonra geri dönüş yaparak işlemin başarılı olduğunu bildiren bir ileti gönderir.

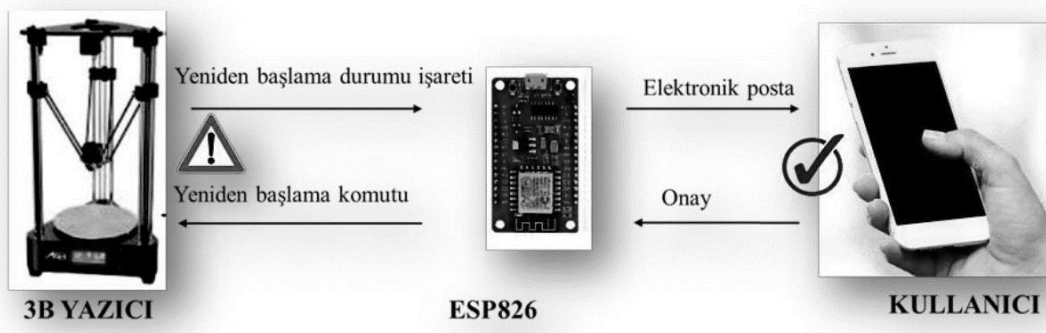
3.2. Araştırmada Kullanılan Malzemeler

1. Üç boyutlu yazıcı: Bunun için RepRap tipi yazıcılardan biri seçilmiştir. Çünkü bu yazıcının kaynağı açıktır. Komutları uygulamak için tercih edilen yazıcının adı MarkerFarm 8 Prusa i3v'dir (Url-21, 2019).

2. Marlin Firmware: Marlin_RAMPS_EPCOS_i3v ile çalışılmıştır (Url-22, 2019).
3. Arduino IDE: Program kodlarının alınması ve düzeltilmesi için Arduino IDE 1.0.6 sürümü kullanılmıştır. Çünkü bu sürüm ve önceki sürümler, araştırmada kullanılan Marlin sürümü için zorunludur. Fakat bu sistem ESP8266 işlem kartındaki programlamaya uygun değildir. Bu sistemi ancak Arduino IDE 1.6.4 sürümü veya daha büyük sürüm destekler. Bu nedenle son sürüm (Arduino 1.8.7) tercih edilmiştir (Url-23, 2019).
4. ESP8266: Bu, Espressif Systems şirketinin tasarlamış olduğu kontrol modülünün ismidir. Bu sistem kablosuz bağlantı alanı (WiFi) ve kalibrasyondan ibarettir. İşlem kartı WiFi ile internete girip 3B yazıcı ile kullanıcı arasındaki iletişimi sağlar. Herhangi bir sebepten dolayı baskı işlemi durması halinde, bu bilgiyi yazıcıdan alıp kullanıcıya iletir. Bu iletiyi alan kullanıcı yazıcının olduğu yere gitmeye gerek kalmadan bulunduğu yerden yazıcıya baskıya yeniden başlama komutu verebilir (Url-24, 2019).

3.3. Çalışma Yöntemi

Bu çalışma G-CODE biçimini destekleyen üç boyutlu yazıcının yeniden başlatılması sisteminden ibarettir. Bu sistem basım esnasında elektrik kesildikten sonra enerji akımının yeniden gelmesi durumunda geçerlidir. Önerilen sistemin çalışma prensibi Şekil 3.1 de gösterilmektedir.



Şekil 3. 1. Önerilen Sistem

Buraya kadar geçen bilgiler ışığında Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, 3B yazıcının baskıya yeniden başlama işlemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 3B yazıcı, baskı esnasında elektrik kesintisinden dolayı henüz yazdırılmayan G-CODE formatlı dosyalar olduğunu ESP modülüne bildirir.
- ESP kartı kullanıcının elektronik postasına bir ileti gönderip yazıcının durumunu bildirerek yeniden başlatılıp baskıya devam edilmesi hakkında onay ister.
- Kullanıcı kendi ekranına gelen “kaldığı yerden baskıya devam et” tuşuna tıklayarak veya dokunarak yazıcıya yeniden başlama komutu vermiş olur.
- Kullanıcıdan bu onayı alan ESP kartı, 3B yazıcıya yeniden başlama komutu gönderir.
- Bu komutu alan 3B yazıcı, elektrik kesintisi öncesi kaldığı noktadan başlayıp baskıya devam eder.
- Yazıcı, ESP kartına “işlem başarılı oldu” mesajını gönderir.
- Bu iletiyi alan ESP kartı, kullanıcıya yeniden elektronik posta gönderip “işlem başarılı oldu” bilgisini iletir.



Şekil 3. 2. 3B yazıcı üzerindeki ESP kartına göre önerilen sistemin işlevi

Bu bölüm üç ana kısma ayrılır. Her bir kısım daha sonra detaylı olarak izah edilecektir. Bununla birlikte kısa bir ön bilgi vermek te mümkündür:

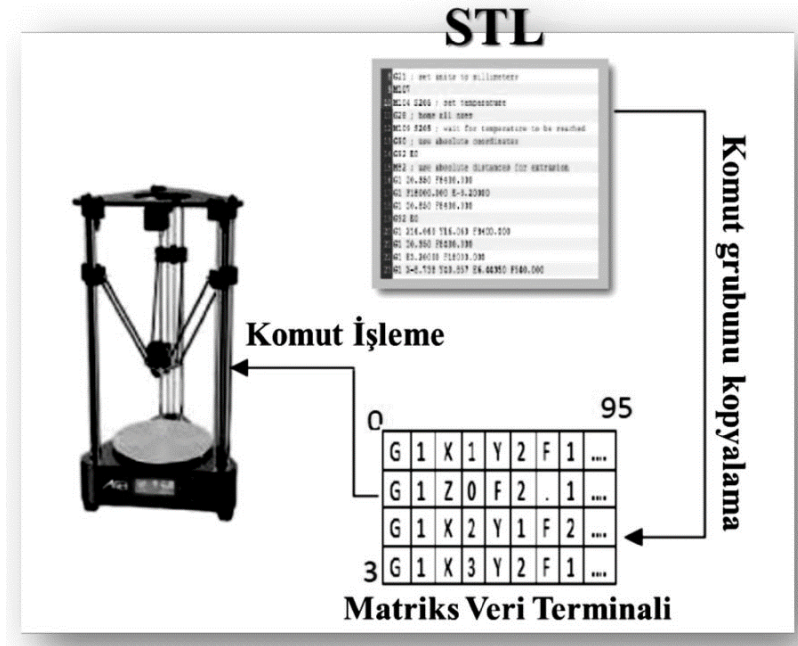
- **Çalışan Sistemin Analizi:** Bu durumda 3B yazıcının G-CODE dosyasını nasıl okuyacağını ve komutları nasıl alacağını izah etmek gerekir. Bu nedenle yaptığımız çalışmada önerdiğimiz sistem, okuyucu tarafından daha iyi anlaşılın diye mevcut sistemin analizine özgün bir bölüm ayrılmıştır.
- **3B Yazıcının Yeniden Başlama Sistemi:** Bu kısımda aşağıda listelenen soruların çözümü hedeflenmiştir:
 - 1) Yazıcı elektrik kesintisi öncesi baskının durumunu nasıl bilecek?
 - 2) Elektrik geldikten sonra yazıcı kaldığı yerden baskıya nasıl devam edecek?
- **Uzaktan Kontrol Sistemi:** Bu kısımda; yazıcı internet yoluyla kullanıcı ile nasıl iletişime geçecek, kullanıcı akıllı telefonu kullanarak yazıcıya nasıl yeniden başla komutu verecek, ESP kartının rolü ne olacak ve yazıcı ile kullanıcı arasında aracı olarak nasıl programlanacak gibi soruların cevapları verilecektir.

Bu tez çalışmasında eklentiler (program kodları) 3B baskı sisteminin yazıldığı orjinal kodun üzerine yazılmıştır. Yaptığımız kapsamlı literatür taramalarında Marlin_RAMPS_EPCOS_i3v üzerinde daha önce yapılan başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu yönüyle tez çalışması eklenti program kodu olarak yenilik içermektedir. Mevcut sistem (Marlin_RAMPS_EPCOS_i3v) 45 dosya ve yaklaşık olarak (açıklamalar ve boşluklarla birlikte) 22.284 satırdan meydana gelmektedir.

3.3.1. Mevcut 3B Yazıcı Sisteminin İşleyişi

Önerdiğimiz sistemi izah etmeden önce şimdiki (mevcut) sistemi işleyişini anlatmak daha açıklayıcı olabilir. Böylece SD kartındaki G-CODE dosyalarının nasıl okunduğu ve komutların nasıl alındığı daha iyi anlaşılabilir.

3.3.1.1. G-CODE Dosya Komutlarının Okunuşu



Şekil 3. 3B Yazıcının STL dosyalarını okuma mekanizması

Şekil 3.3 yazıcının G-CODE dosyalarını nasıl okuduğunu ve komutların elektronik devrede birer birer nasıl çözümlendiğini göstermektedir. Bu işlem matris dolana kadar devam eder. Bu matris 4 satır ve 96 kolondan ibarettir.

Bundan sonra işleme müdahale etmek için matristen gelen komutları okur. Çıkan probleme müdahale işlemi bittikten sonra yazıcı elektrik kesintisi öncesinde kaldığı yerden G-CODE dosyalarını okumaya başlayıp baskıya devam eder. Yazıcı her defasında tekrar kaldığı yere dönebilmek için işlem yaptığı yer bir satırı hafızasına kaydeder. Okumuş olduğu değiştirilen (Current_position) satırı başka bir adreste okuyarak belleğine alır. Yazıcı matrisi doldurmak için bir defa daha döndüğünde değiştirilen (Current_position) yerden yazılım kodlarını almaya devam eder. Dosyanın tamamı bitene kadar bu şekilde işleme devam edilir. Bu sistemde (get_command) komutunu alan kart bu işlemde sorumlu birim/modül olarak kabul edilir. Bu kartın içinden ana (loop) döngü çağrılarak işlem sürdürülür.

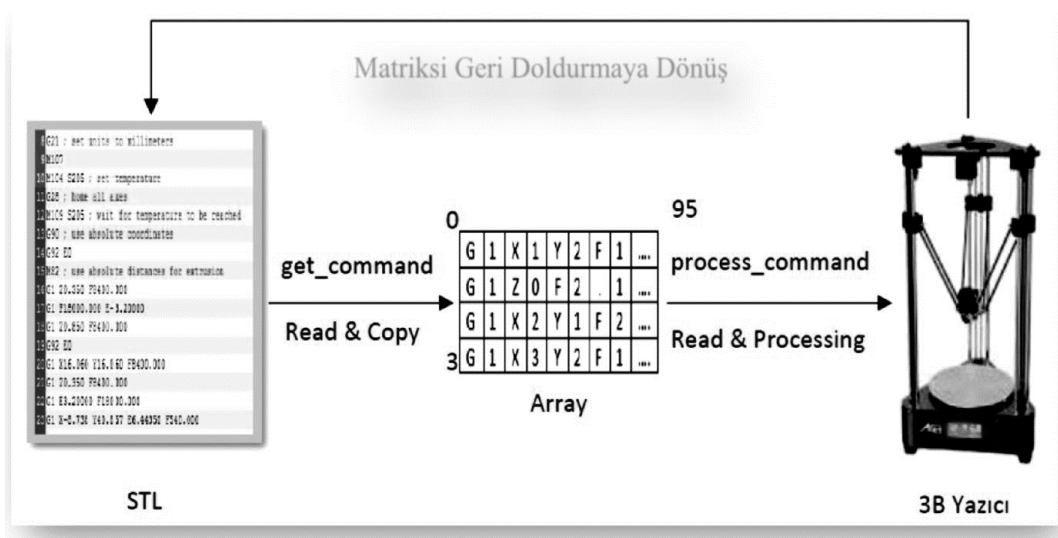
3.3.1.2. Komutları İşleme

Bir önceki başlık altında SD üzerindeki G-CODE dosyalarının okunma mekanizması açıklanmıştır. Aynı şekilde yazıcı işlem yapmak için doğrudan G-CODE

dosyalarına müdahale etmeden komutları matrise birebir aktarabilmektedir. Daha sonra işlem yapmak için matristen gelen komutları alıp okur. Bu sistemin amacı baskının elektrik kesintisi sonrasında yeniden akım gelir gelmez probleme müdahale edip çözerek baskı süresini hızlandırmaktır. Çünkü komutları SD bellekten okumak işlem kartı üzerindeki matristen (RAM) okumaktan daha fazla zaman alır.

Bu ön bilgidan sonra şimdi yazıcıya gelen komutların nasıl işlendiği konusuna dönebiliriz. Bu sistemde yazıcıya gelen komutların işlenmesi (process_command) görevinden matris veri terminalindeki indikatör sorumludur. Bu cihaz matris veri terminalindeki datayı aynen okur. Komutları algılayıp işleme müdahale eder. Sonra makaraların motorlarına çalışma, rezistanslara ısıtma ve fanlara da soğutma komutu gönderir. Yani işlemin devam etmesi için yazıcının ana belleğine gerekli talimatları verip sistemin yeniden çalışmasını sağlar. İndikatör kendine gelen komutları işin durumuna göre işlem belleğine aktarır. Diğer bir deyişle indikatör talimatları yorumlayıp yazılımsal olarak işleme koyar ve yazıcıya gerekli talimatları verip basım işlemini kaldığı noktadan devam ettirir.

Komutların işlenmesi (process_command) belirteçleri ana indikatörün (loop) iç döngüsünde bulunur. Emir alma (get_command) işlemi bittikten sonra yazıcı sistemi kaldığı yerden basım işlemine devam eder. Çünkü işlenen bilgiler “sadece okunan bellek” (Read Only Memory-ROM)’da kayıtlı olduğu için bu RAM çeşidinde elektrik kesildiğinde dahi içindeki bilgiler silinmez.



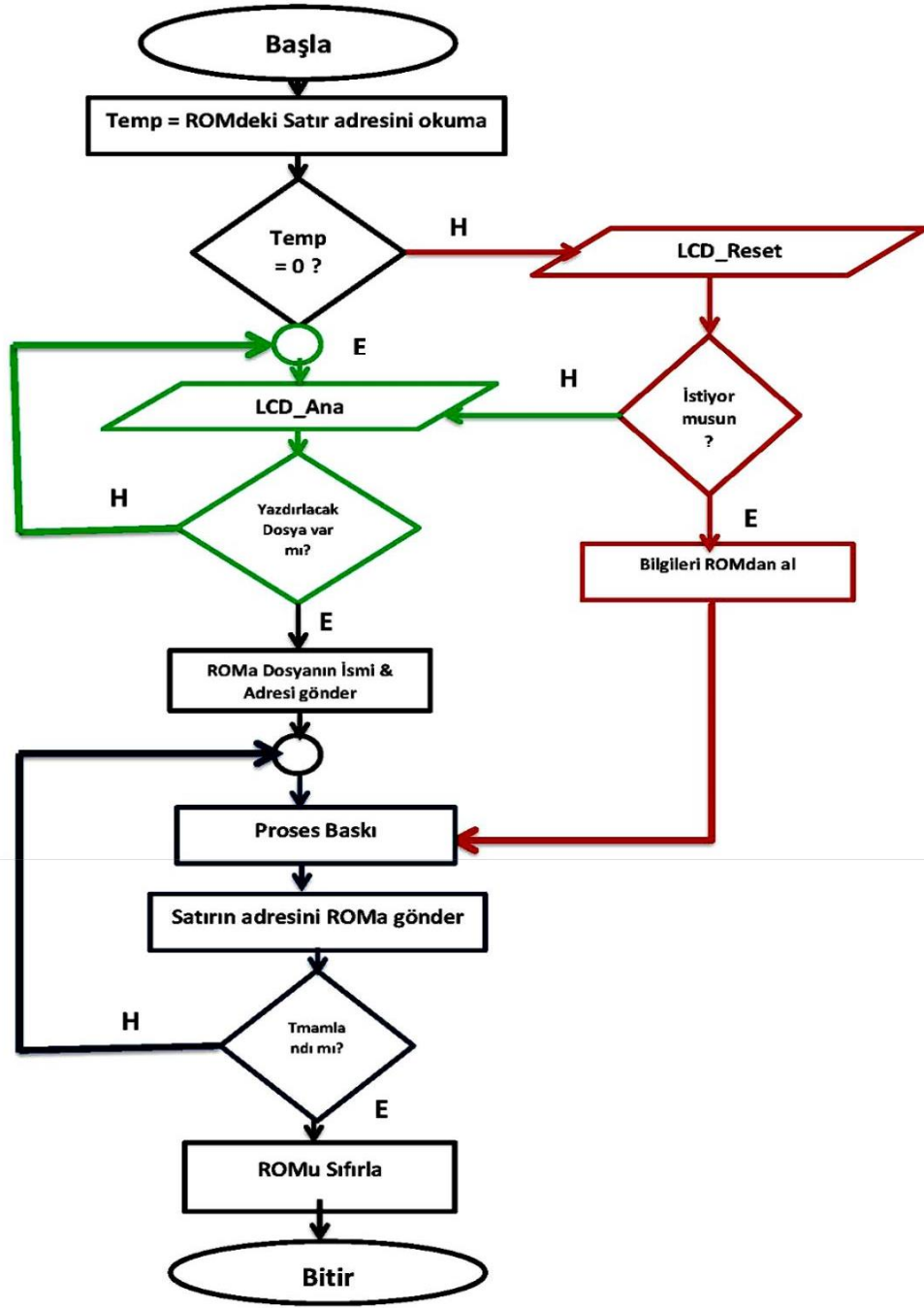
Şekil 3. 4. Yazıcının G-CODE dosyalarını işleme mekanizması

Şekil 3.4, G-CODE dosyaların okunmasını ve işleme alınmasını açıklamaktadır. İndikatör belirteci (get_command) emirleri almaya başlayıp matris modülüne koyar. Dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta; matris tablosu G-CODE dosyasındaki emirlerin hepsini bir defada alamaz. Bunun yerine talimatları gruplara ayırdıktan sonra ilgili grubu (chunk) işleme alarak Matristen gelen komutların işlenmesi (process_command) görevini yerine getirip olaya müdahale eder.

Matris tablosundaki ilk grup emirlerin tamamı alınıp yazıcıya aktarıldıktan sonra geri kalan diğer komutların alınması için indikatör belirteci (get_command) tekrar dönülür. Komut dosyasının tamamı bitene kadar döngü bu şekilde devam eder. Böylelikle herhangi bir sebepten dolayı işlemi yarım kalan yazıcı kaldığı yerden işleme devam edip vakit kaybetmeden baskıyı sonlandırmış olur.

3.3.2. Yeniden Başlama Sistemi (Kaldığı Yerden Devam Etme)

Bu bölüm tezin en önemli kısmıdır. Yazıcının kaldığı yerden baskıya yeniden başlama özelliği çok önemli bir mesele olduğu için kullanıcı açısından fayda sağlamaktadır. Eğer yazıcıda böyle bir özellik olmazsa kullanıcı yapmakta olduğu işi bırakıp yazıcının yanına giderek ona yeniden başlama komutu vermek zorunda kalacaktır. Böyle bir durum hem iş kaybına, hem zaman hem de plastik ve ham madde israfına neden olur. Şayet yeniden başlama sistemi olmazsa yazıcı, elektrik kesintisinden sonra akım tekrar geldiğinde otomatik olarak basım işlemine devam edilemeyeceğinden kullanıcı tamamlanmayan ve bozuk çıkan bu ürünü çöpe atmak zorunda kalacaktır.



Şekil 3. 5. Yazıcının Kaldığı Yerden Baskıya Yeniden Başlama Algoritması

Algoritma çalışmaya başladığında ilk etapta Read Only Memory-ROM'daki sadece 1.000 ile 1.003 odacık arasındaki veriyi alıp okuyarak geçici belleğe (Temp)'e koyar. Bunun sonucuna göre program iki akıştan birisine yönelmiş olur:

Birinci Akış: Programın doğal hali. Bu durum değişken (Temp) sıfıra eşit olduğunda geçerlidir. Böyle bir durumda sistem, ana ekrana sürekli bir şekilde basılmayı

bekleyen G-CODE dosyasının G-CODE komutlarının var olduğunu kullanıcıya bildirip onay vermesini bekler. Onay alındıktan sonra basım işlemlerine geçilir. İşlem başlamadan önce dosyanın adını ve adresini kaydedilmesi için ROM belleğine gönderir. İşlem başladığı zaman program Curposition (o anki pozisyon, current position) değerini ROM belleğine yükler. Curposition G-CODE dosyasını okumak için başka bir adrese işaret eden bir referans değişken olarak kabul edilir. Dosyanın basım işlemi bittikten sonra program ROM hafızasını sıfırlar. Bu sıfırlama işlemi, baskının elektrik kesintisi olmadan başarı ile tamamladığını gösteren bir işarettir.

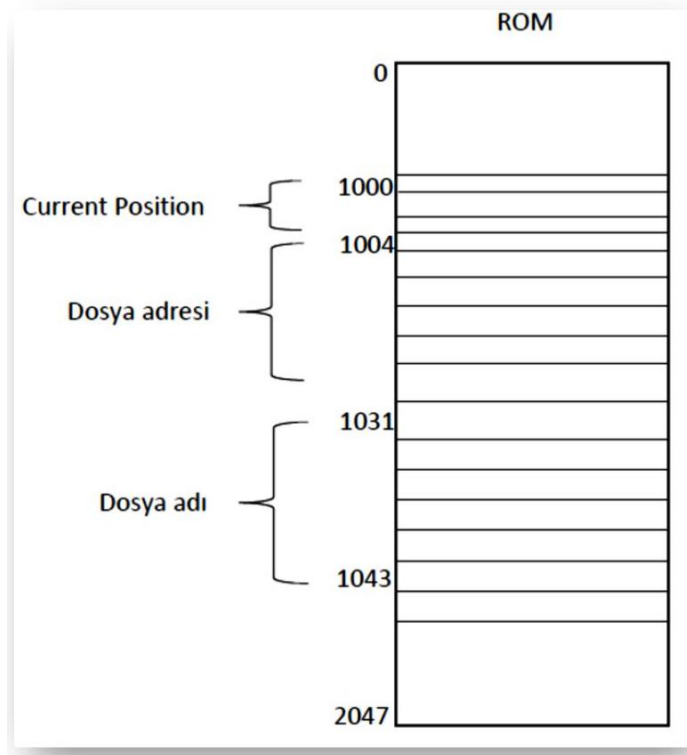
İkinci Akıs: Bu durum değişkeninin (Temp) sıfıra eşit olmadığı zaman geçerlidir. Yani baskı işlemi esnasında elektrik kesintisi olmuşsa temp sıfırdan farklı bir değer alır. Bundan dolayı programın ekranında “kaldığı yerden işleme yeniden başla” iletisi çıkar.

Yeniden başlama ekranın görevi kullanıcıya “Baskıya devam etmek istiyor musun?” diye sorarak onay almaktır. “Evet” tercihi yapılırsa program ROM belleğinden Curposition değerlerini ve adreslerini almaya başlar. Değişkenin (Temp) işaret ettiği yere göre yazıcı, Curposition değerlerini işleyip baskı işlemini kaldığı yerden itibaren sürdürür.

İkinci tercih ise işlemin “iptal” edilmesidir. Bu durum ekrana gelen “Hayır” iletisine basmakla gerçekleşir. Böyle bir durumda program ROM belleğindeki içerikleri sıfırlar. Sonra doğrudan ana ekrana geçer. Haliyle program (birinci akıştaki) doğal haline geri döner.

3.3.2.1. Verilerin Depolanma Yöntemi

3B yazıcının yarım kalan işleme yeniden devam edebilmesi için gerekli olan verilerin depolanması için önerilen sistem, elektrik kesintisi olsa bile bilgilerin silinmediği ROM belleğine dayanmaktadır. Şekil 3.6'dan da görüleceği gibi ROM belleğin 44 baytı kullanılmaktadır.



Şekil 3. 6. Baskıya yeniden başlamak için gerekli olan verilerin ROM belleğinde depolanma konumları

Arduino Mega 3D yazıcısının üzerinde bulunan ROM'un kapasitesi 2048 bayttır. Verilerin depolanması için ROM'un bazı hücreleri şu şekilde kullanılmıştır:

1. 1000 Nolu Hücreden 1003 Nolu Hücreye Kadar: G-CODE dosyalarının okunması için başka bir yola işaret eden değişken (Curposition) modüllerin depolanması için kullanılır. Bu değişken modüller, yazıcının durakladığı noktayı öğrenmek için sistemin kendisine daha sonra geri dönüş yapacağı bölgedir. Çünkü bu değişken kapasitesi 32 bit (4 bayt) olup bunun için ROM belleğinde 1000, 1001, 1002, 1003 şeklinde 4 özel hücre ayrılmıştır.
2. 1004 Nolu Hücreden 1030 Nolu Hücreye Kadar: Bu bölgeye (LongFilename) uzun dosya adı değişkeninin verileri depolanır. Bu işlem, 27 harf ihtiva eden tam bir matristen ibarettir. Bu harfler basımı tamamlanan G-CODE dosyalarının gidiş yönleridir. Elektrik kesintisi sonrası işlem yeniden başlatıldığı zaman önceki dosyaların gidiş yönlerini öğrenmek için sistem bu hücelere müracaat eder.

3. 1031 Nolu Hücreden 1043 Nolu Hücreye Kadar: Bu bölge Filename değişkenlerin depolandığı yerdir. Bu işlem, 13 harf ihtiva eden bir matristir. Bu harfler baskısı biten G-CODE dosyalarının isimleridir. Basım işlemi yeniden başlatıldığında sistem dosya isimlerini öğrenmek için bu hücrelere başvurur.

Bu işlemlerde ROM belleğinin 1000 nolu hücresinden 1044 nolu hücresine kadar bölüm kullanılmıştır. Kullanıma sıfır (0) hanesinden başlanmamıştır. Bunun sebebi LCD ekranında yaşanan problemdir. Yazıcı çalışmaya başladığı zaman ROM bellekte sıfır hücresinden itibaren değerler ve yazılımlar ekranda görünmemektedir. Bu alan görsel veriler içermeyip sistem için özel bir anlam taşıdığı düşünülmektedir.

3.3.2.2. Önceki basımın durumunu öğrenmek

Önerilen sistem önceki basımı, durumu, basılmış veya eksik olup olmadığını ayırt edebilir. Bu amaçla, Rom_Check() fonksiyonu Integer türü ile, Curposition değişkenin değerini ROM hafızasından okumak için yapılmıştır. Bu fonksiyon Curposition değişkenine atanan hücreleri ROM hafızasından okur, ardından da Rom_Check fonksiyonu bu hücrelerin toplam içeriğini iade eder (geri döndürür, return).

İki nedenden dolayı aynı değeri iade etmek yerine hücrelerin toplam içeriği iade edilir: 1. Toplama işlemi aynı değeri iade işleminden daha kolay ve hızlıdır.

2. Burada yapılması gereken, hücrelerin içeriğinin eşit olmasını kontrol etmektir.

Rom_Check() fonksiyonu Setup() fonksiyonun içine yerleştirilmiştir, Setup() fonksiyonu yazıcı başladığında yalnızca bir kez çalıştırılır.

```
int Check_ROM()
{
    int Sum = 0;
    for (int i = 1000; i<1004; i++)
        Sum += EEPROM.read(i);
    return Sum;
}
```

Şekil 3. 7. Check_ROM fonksiyonu

```
if (Check_ROM())
{
    card.Flage_Resume = true;
    card.Signal(1);
}
```

Şekil 3. 8. Devam durumuna girme şartı

Şekil 3.8 incelendiğinde, Rom_Check() fonksiyonun iade edilecek değeri doğrulamak için bir koşul olarak çağırıldığı görülmektedir. Eğer fonksiyon sıfır değerini döndürürse, koşullu if çalıştırılmayarak ROM'un bir değer içermediği sonucu ortaya çıkar. Dolayısıyla

önceki baskının kesintisiz başarı ile gerçekleştirildiği ve programın normal duruma döneceği anlaşılır. Fonksiyon sıfır değerini döndürmediğinde ise koşullu if çalıştırılacak ve ilgili adresler aralığında ROM’da birşeylerin yazılı olduğu anlaşılacaktır. Bu da önceki baskının tamamlanmadığını ve programın yeniden yazılması gerekliliğini ortaya çıkaracaktır.

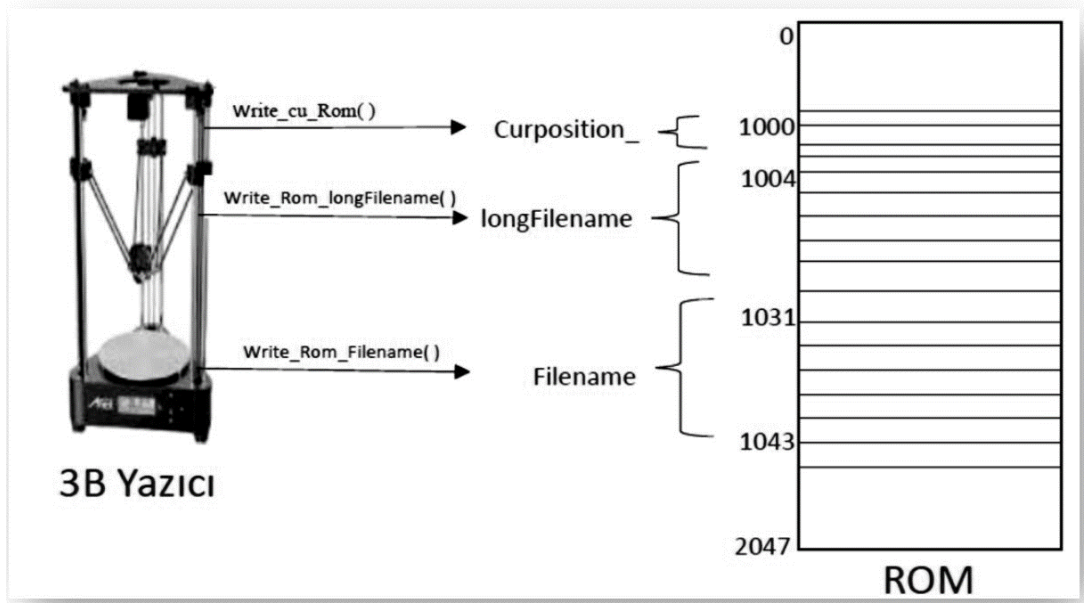
Önerdiğimiz yazılımı kullanan 3B yazıcının, önceki baskının tamamlanıp tamamlanmadığını nasıl tespit ettiği yukarıda anlatılanlar bağlamında gerçekleştirilmiş olup önceki baskı durumuna bağlı olarak yazılım bizi iki ana kol veya iki farklı rotaya yönlendirecektir.

3.3.2.2.1. Normal Konum

Daha önceden de değinildiği gibi (Check_Rom) ROM belleğinin sıfırlanması, yazıcının normal konuma geçtiğini gösterir. Bu durumun detaylı açıklaması ileriki bölümlerde ele alınmıştır. Sistem değişken (temp) değerlerini kontrol ettikten sonra sıfıra eşit olduğunu görmesi durumunda yazıcı normal konuma geçer. Bu durum sistemin ana ekranında görünür. G-CODE dosyaları baskı için seçilinceye kadar normal konum iletisi ekranda görünmeye devam eder. Sistem yazılacak olan dosyanın adını ve yolunu ROM belleğine kaydedilmesi için gönderdiğinde normal konum iletisi ana ekrandan kaybolur. Bu odak nokta yazıcının yeniden işleme başlaması esnasında büyük önem arz eder.

3.3.2.2.1.1. Dosya Adı ve Adresinin ROM Belleğe Kaydedilmesi

Kullanıcı baskıya başlamak için G-CODE dosyasını seçtiği zaman indikatör belirtecinin (munu_action_sdfile) eylem dosyası, yazıcıyı basım işlemine hazırlamaktan sorumludur. Bu belirteç sistemi tasarlayan tarafından yapılmıştır. Bu belirtecin içinde geri dönüşüm sağlanan iki farklı belirteç vardır. Birisi dosya adını, diğeri dosya yolunu ROM belleğine kaydetmek için öncülük yapar.



Şekil 3. 9. ROM belleğine verilerin kaydedilme mekanizması

Yukarıdaki şekilde açıklanan fonksiyonların dosya isimleri şöyledir:

Write Rom longfilename fonksiyonu: Bu fonksiyon dosya yolunu 1004 hücrelerinden 1030 hücrelerine kadar ROM belleğinde kendisi için ayrılan yere kaydeder. Çünkü dosya yolu tamamen matrisin içindeki 27 no'lu hücrede kayıtlıdır. Matristeki verilerin ROM belleğine aktarılması ve içeriğindeki okunması için yazımsal döngü kullanılır. Bu şekilde matristeki her bir harf ROM belleğindeki bir hücreye konulur.

Write Rom Filename fonksiyonu: Bu fonksiyon dosya yolunu 1031 hücrelerinden 1043 hücrelerine kadar ROM belleğinde kendisi için ayrılan yere kaydeder. Asıl dosya ismi matrisin 13 no'lu hücrelerinde kaydedilmiştir. Bu dosyanın ROM belleğine nakledilme yöntemi yukarıda açıklandığı gibidir. Matris ile alakalı olan şeyler dosya yollarını içerir. Bununla birlikte boyutlarda ve hücre rakamlarında farklar bulunmaktadır.

3.3.2.2.1.2. Dosya Okumak İçin Başka Bir Adres Kaydı

Bu bölümde yazıcının işlem esnasında duraksamış olduğu başka bir noktanın rakamsal değerinin nasıl kaydedildiği açıklanmaktadır. Bunun için Write_Cur_Rom isimli fonksiyon yapılmıştır. Bu yordam ROM belleğindeki dosyanın okunması için başka bir yol sunar. Elektrik akımı tekrar geldiğinde ana fonksiyon içindeki veriler geri (Loop) çağrılır. Böylelikle yazıcı yarım kalan baskı için boşuna beklemiş olmaz. Çünkü yazıcıya enerji gelir gelmez değişkene (Sdprinting) doğru (True) halinde olması şartıyla

yazılmayı bekleyen dosyaları geri çağırır. Bu sistem yazıcının durumu hakkında bilgi verir. An itibariyle baskının devam edip etmediğini kullanıcıya bildirir. Aynı şekilde kullanıcı, yazıcıyı bekleme (Pause) konuma aldığı anda tasarlanan bu değişken veya belirteç (False) hatalı duruma geçer. Böyle bir şey olsa da bu durum yazıcının işleme yeniden tekrar başlamasına engel olmaz. Çünkü yazıcı çalıştırdıktan itibaren tamamen kapatılıncaya kadar aynı değerleri ROM belleğine yazmaya devam eder.

```
if (card.sdprinting == true)
{
    cur_ = card.get_cur();
    Write_Cur_ROM();
}
```

Şekil 3. 10. G-CODE dosyalarını okumak için başka bir adresin kaydedilmesini sağlayan yordamın geri çağırılma şartı

```
void Write_Cur_ROM()
{
    int i = 1000;
    for (byte j = 0; j <= 24; j += 8)
    {
        EEPROM.write(i, cur_ >> j);
        i++;
    }
}
```

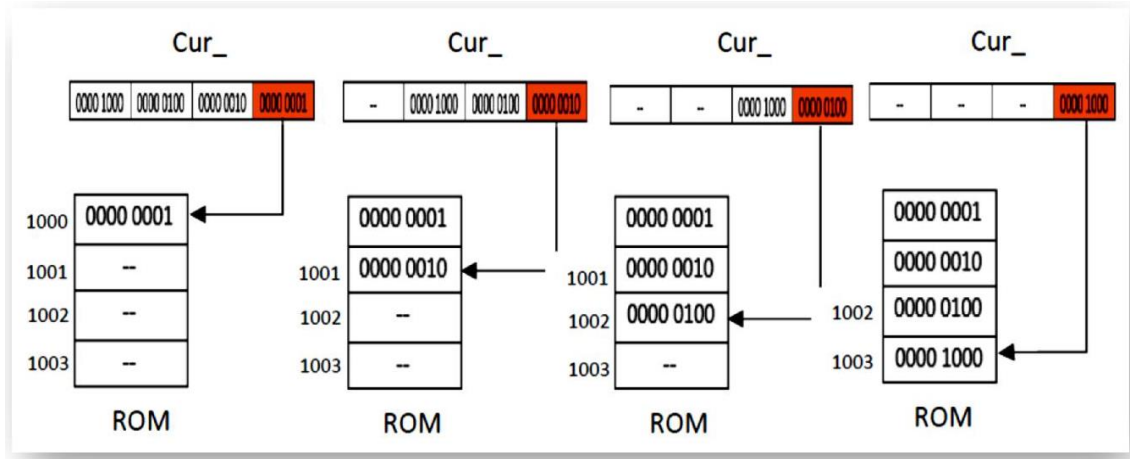
Şekil 3. 11. Curposition değişkeninin ROM belleğine kaydedilme fonksiyonu

G-CODE dosyalarının okunması için başka bir yolu ROM hafızasına sürekli kaydetme mekanizması yazıcı içinde bulunan sistemde yoktur. Daha önce açıklaması yapılan bu mekanizmanın çalışması kolay bir iş değildir. Önceki değişkenler tam bir matristen ibarettir. Modüle edilen her bir harf doğrudan ROM belleğindeki bir hücreye konulur. Bu işlem boyutların uygun olması durumunda geçerlidir. Şimdi ise durum tamamen farklıdır. Çünkü ROM belleğine aktarılabacak olan değişkenin boyutu 4 bayttır. Dolayısıyla doğrudan aktarmak mümkün değildir. Bu nedenle bitlerin baytlara dönüştürülmesi gerekir. Böylelikle bitlerin değeri bayt olarak ROM belleğine aktarılmış olur. Şekil 3.10 daki kod bloğunu incelediğimizde aşağıdaki çıkarımlarda bulunabiliriz:

1: Curposition değişkeninin değeri çağrılır sonra Cur değişkeninin üzerine konulur. Bu işlem ancak bir değişken ile yapılır. Curposition değişkeni dosyaları okumak için geliştirilen bir fonksiyondur. Tipi uint32_t'dir. Ana belirteç döngüsü (Loop) Marlin_main.cpp dosyasında bulunurken bu değişken SdBaseFile.h dosyası üzerinde tanımlanmıştır (implement edilmiştir). Dosya değerinin çağırılması için aracı belirteç inşa edilir. Bunun adı get_cur'dur ve Cardreader.h dosyasında kodlanmıştır. Çünkü burada istenilen Curposition değişkenini Cardreader.h dosyasının içinden görülmesi

mümkündür. Aynı şekilde sistem, Marlin_main.cpp dosyasının içinden aracı belirteci geri çağırabilir.

2: Sistem Curposition dosyasının değerine eriştikten sonra problemsiz bir şekilde bu değerler ile daha kolay işlem yapmak için onu Cur değişkenine aktarır. Ardından sistem onun değerini ROM hafızasına aktarır. Bundan önce imleç 1000 no'lu hücreye 1003 no'lu hücreye kadar dosya değerlerini kaydetmek için komumlanır. Şekil 3.12 bu değerlerin ROM belleğine aktarılma adımlarını gösterir. Buradaki bitler sağ tarafa doğru süpürülüp Cur değişkenin içine aktarılır. Bu şekilde değişkenin içeriği birer birer bayt şeklinde ROM belleğine aktarılmış olur.



Şekil 3. 12. Curposition değişkeninin ROM belleğine depolanma mekanizması

İlk adımda ROM belleğindeki 1000 no'lu hücrede Cur değeri işlenecektir. Çünkü hücrenin boyutu bayt'tır ve sistem sadece birinci bayt'ı Cur değişkeninden alacak ve diğer değerleri görmezlikten gelecektir. Bu şekilde Cur değişkenin sağındaki baytların ROM belleğindeki 1000 no'lu hücreye aktarılma işlemi tamamlanmış olur.

İkinci adımda ROM belleğindeki belirteç aşağıdaki hücelere aktarılır. Daha sonra sistem Cur değişkenin sağına doğru baytları süpürür. Bunların değeri 8 bit (1 bayt)'tır. Cur değişkeni üzerinden yapılan bu süpürme işlemi ile veriler en sağa aktarılır. Bundan sonra ROM belleğindeki 1001 no'lu hücrede bulunan değerlere doğrudan erişilir.

3: Üçüncü adımda ROM belleğindeki belirteç bir sonraki hücreye aktarılır. Sonra 16 bayt miktarında dosya süpürme işlemi başlar. Bu süpürme işleminde Cur değişkenindeki üçüncü bayttan alınıp en sağ tarafa aktarılır. Daha sonra dosya değerleri ROM belleğindeki 1002 no'lu hücreye aktarılmaya başlar.

4: Son adımda belirteç 1003 no'lu hücreye konumlanır. Buradaki süpürme miktarı 24 bayt'tır. Daha sonra dosya değerleri taşınır. Bu şekilde ROM belleği üzerine Cur değerinde depolama yapılır. Bu işlem 1000 no'lu hücreye Cur değişken değerinden ilk baytın konmasıyla başlar. İkinci bayt 1001 no'lu hücreye, üçüncü bayt 1002 no'lu hücreye, dördüncü bayt 1003 no'lu hücreye konarak depolanır. Bu dört hücrenin çok önemli iki işlevi vardır.

Birinci İşlev: Sistem bu değerler sayesinde yazıcının enerji kesintisi öncesindeki durumunu öğrenir. Yazıcı elektrik akımı geldikten sonra çalışmaya başladığında önerilen sistem bu dört hücreyi kontrol eder. Sıfır dışında bir değer bulduğu zaman, önceki baskının henüz tamamlanmadığı anlaşılır. Eğer bu dört hücrede herhangi bir dosya içeriğinin değeri yoksa bu durum, önceki baskının kesinti olmaksızın bittiği anlamına gelir.

İkinci İşlev: Elektrik kesintisi sonrasında akım geldiğinde yeniden başlama noktasına geri dönüşür.

3.3.2.2.1.3. Baskı İşlemi Bittikten Sonra ROM Belleğinin Sıfırlanması

Sistem baskı işlemini bitirdikten sonra ROM bellek üzerindeki 1000 no'lu hücreden başlayıp 1003 no'lu hücreye kadar sıfırlama işlemi yapar. Bu adım önceki baskı işleminin sistem tarafından tamamen bitirildiği anlamına gelir.

```
void CardReader::Sifirlama_ROM()
{
    for (int i = 1000; i<1004; i++)
        EEPROM.write(i, 0);

    Flage_Sifirlama = false;
    Flage_Resume = false;
}
```

Şekil 3. 13. ROM belleğini sıfırlama göstergesi

ROM belleğini sıfırlama işleminden sorumlu olan sistemin göstergesi Cardreader.h dosyasının üzerine yapılmıştır. Bu sistem dosyası şu işlemleri yapar:

1. ROM belleğindeki Curposition değişkenine ayrılan hücreleri sıfırlamak.

2. Yazıcının hatalı (false) işlem konumu (Flage_Resume) devam etme konumuna geçirmek. Bu değişken yeniden başlama durumunda kaldırılır. Yazıcıdan gelen “yeniden başlama” iletisine eğer kullanıcı onay vermezse yeniden başlama konumunda yazıcı beklemesin diye bu dosyalar kullanılmıştır. Bu değişken Cardreader.h dosyasının üzerine başlangıç değeri False olarak inşa edilmiştir.
3. Flage_sıfirlama değişkeni ROM sıfırlamayı gösteren iletiyi geri çağırmak için bir şart gibi kullanılmıştır. Bu durum sadece bir defa göstergenin uygulanması içindir. Aksi halde Loop ana gösterge için her turda sürekli bir şekilde bu iş ile tekrar eder. Bu ise hiçbir faydası olmayan ekstra efor kaybına neden olur.

Ana göstergenin içinden (Loop) ROM sıfırlama göstergesinin geri çağırılma işlemi bitmiştir. Ancak burada uyulması gereken iki şart vardır. Bu iki şart aşağıdaki şekilde izah edilmiştir.

```
else if (card.get_cur() == card.get_filesize() && card.Flage_Sifirlama)
    card.Sifirlama_ROM();
```

Şekil 3. 14. Baskı işlemi bittikten sonra sıfırlama şartı

Card.get_cur: Bu gösterge G-CODE dosyasını okuyan başka bir adres değerine döner.

Card.get_filesize: Bu gösterge G-CODE dosyasındaki satırda başka bir adrese döner.

Card.Flage_Sifirlama: ROM sıfırlamayı gösteren iletiyi geri çağırmak için bir şart gibi kullanılmıştır.

Bir dosyanın okunması için başka bir adres ile dosyadaki satırda bulunan diğer bir adres eşit olduğu zaman && Flage sıfırlama değişkeni True ile kaldırılarak ROM sıfırlama göstergesi geri çağırılmış olur.

Şartın Birinci Modülü: Yazıcı dosyanın okunma işlemi tamamlamıştır.

Şartın İkinci Modülü: İşlemin birden fazla tekrar etmemesi içindir.

3.3.2.2.2. Yeniden Başlama Konumu

Yazıcının normal konumu hakkında anlatım daha önce yapılmıştır. Söz konusu anlatımda ROM belleğine kaydedilmesi gereken verilerin işlemlerine değinilmiştir. Aynı şekilde yazıcının baskıya kaldığı yerden yeniden başlama özelliği için yapılması gereken işlemlere de değinilmiştir. Bu nedenle anlatımın bu kısmı tamamen “normal konum” hakkındaki daha önce yaptığımız açıklamalara dayanır.

Geçen nokta (yani önceki basım durumunu öğrenme izahı) ile Setup göstergesinin içinde bulunan daha önce geçen baskı halinin gerçekleşme şartının açıklaması yapılmıştır. Söz konusu açıklamalar çizilen şekillerle desteklenmiştir. Belirtilen şartın gerçekleşmemesi durumunda yazıcı “normal konum”a doğru yönelecektir. Şartın gerçekleşmesi halinde ise program “yeniden başlama konumu”a doğru yönelecektir. Bu işlemler, şart cümlesinin içinde şu görevler bulunduğu zaman uygulanacaktır:

1. Flage_Resume: Bu değişken Boolean tipindedir. False değeri olduğu zaman, sistem normal konuma doğru yönelecektir. True değeri olursa sistem baskıya yeniden başlama konumuna doğru yönelecektir. Bu durum şart cümlesinin içindeki değerin True olması halinde geçerlidir.
2. Göstergesinin (Signal) Geri Çağırılması: Bu belirteç ESP8266 işlem kartına, yeniden başlama durumunun varlığı hakkında bir işaret gönderilince ortaya çıkar. (Bu durum ESP8266 kartının açıklaması yapılırken ileride izah edilecektir.)

Buraya kadarki bölümde, sistemin önceki baskı halini öğrenmesi için atılması gerekli olan adımların açıklamaları yapılmıştır. Aynı şekilde yazıcının yeniden başlama konumuna geçmesi için yapılması gereken öncelikli işlemler (hazırlıklar) hakkında açıklama yapılmıştır. Gelecek noktada LCD ekranına terettüp eden işlemlerin izahı yapılacaktır. Bu işlev yeniden başlama konumunun kaldırıldıktan sonra yapılır.

3.3.2.2.2.1. Yeniden Başlama Ekranının Sunumu

Yazıcı önceki baskının henüz bitmediğini öğrendikten sonra baskıya yeniden başlama konumuna geçmeye hazırlanır. Bu durum Flage_Resume değişkeninin True değerini kaldırması çerçevesinde gerçekleşir. Bundan sonra ana ekran tasarlandığı gibi normal ayarlarda görülür. Kullanıcı ana menü seçeneklerine geçmek için ekrana basmadıkça ekranda herhangi bir değişiklik olmaz. Fakat kullanıcı orada bir şey bulamaz.

Bilakis sadece yeniden başlama ekran sistemini bulabilir. Bu ekran ona yeniden başlama durumu hakkında bilgi verecektir. Kullanıcı bu noktada karar verir. Eğer baskıya yeniden başlamak istiyorsa “evet” istemiyorsa “hayır” seçeneğini tercih eder. Bunlar daha önceki şekillerde gösterilmiştir.

Kullanıcı menü düğmesine bastığı zaman sistem Flage_Resume değerini kontrol eder. Eğer bu değer False ise, ekrana normal menü seçenekleri gelir. Şayet bu değer True ise, ekrana yeniden başlama menüsü seçenekleri gelir. Yeniden başlama ekranı kullanıcıya kaldığı yerden tekrar baskıya başlama imkânı sağlar. Bunun için yapması gereken “yes” seçeneğini işaretlemektir. Aynı şekilde kullanıcı “no” düğmesine basarak yeniden başlama durumunu iptal edebilir. Kullanıcının bu iki seçeneği tercih etmesi durumunda sistemin yapacak olduğu işlemler aşağıda açıklanacaktır:

3.3.2.2.1.1. Yeniden Başlama Komutunun İptal Edilmesi

Kullanıcı “NO” seçeneğini tercih edince yeniden başlama komutunu iptal etmiş olur. Kullanıcının bu tercihi yazıcıyı normal konuma döndürür. Bu işlev Led_No_Resume belirteci vasıtasıyla yapılır. Bununla aşağıdaki görevler yapılmaktadır:

1000 no’lu hücreden 1003 no’lu hücreye kadar ROM belleğindeki değerleri sıfırlayacak olan Rom sıfırlama belirtecini geri çağırmak. Aynı şekilde yeniden başlama konumunun bitirilmesi. Bu işlevler Flage_Resume değerinin False değerine dönüştürülmesi ile olur. (Rom sıfırlama konusu “Baskı Bitimiden Sonra ROM Belleğini Sıfırlama” başlığında anlatılmıştır). Yazıcıyı normal konuma döndüren Rom sıfırlama belirtecini geri çağırdıktan sonra Lcd-return_to_status belirteci ana ekranı göstermek için geri çağrılır.

3.3.2.2.1.2. Yeniden Başlama Komutuna Onay Verilmesi

Kullanıcı “Yes” seçeneğini tercih ettiği zaman baskıya kaldığı yerden yeniden başlama önerisine onay vermiş olur. Böylece yazıcı baskıya yeniden başlama işlemlerine geçer. Bu işlev Lcd_Yes_Resume göstergesinde belirtilir. Bu belirteç dört döngüyü geri çağırır. Her döngünün kendine göre bir görevi vardır (Bunların her birisi yeri geldikçe açıklanacaktır).

- Read_Cur_Rom: Bu belirteç ROM hafızasından Curposition değerini geri döndürmek veya çağırmak için kullanılır. Bu işlev Curposition_Temp

değişkenine konulmuştur. Bu işlevin oldukça önemli olması ve detaylı bilgi verme gereğinden dolayı bu konuyu açıklamak için ona özel bir başlık ayıracağız. Bu başlığın adı “Yeniden Başlama Noktasını Rom Belleğinden Çağırma” olacaktır.

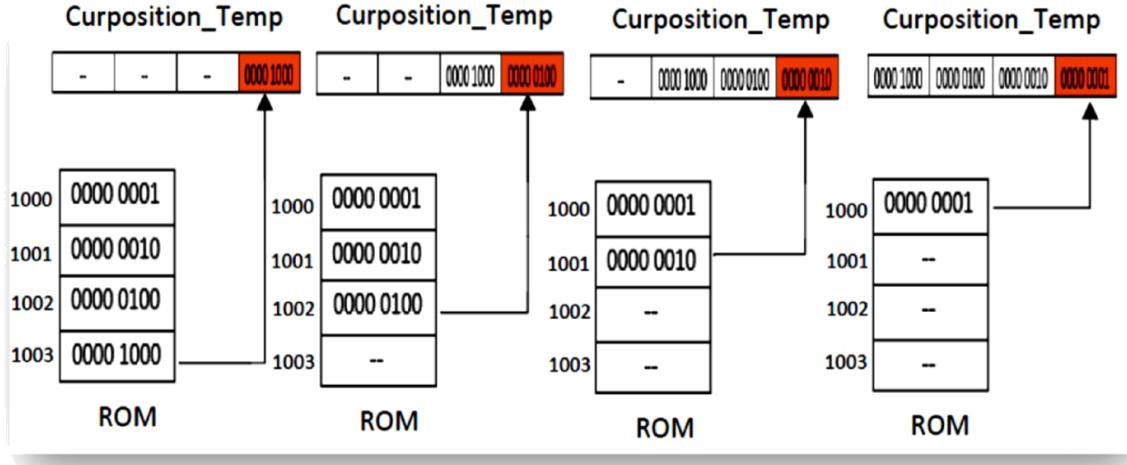
- **Read_Rom_LongFilename:** Bu belirteç Write_Rom_LongFilename'ye göre ters bir işlem yapacaktır. Bu belirteç ROM belleğindeki 1004'ten 1030 no'lu hücrelere kadar dosya değerlerinin getirilip LongFilename harfli matris devresine konmasıdır. Burada sistem yeniden basılması istenen dosya yolunu geri çağırır.
- **Read_Rom_Filename:** Bu belirteç ters bir işlem yapacaktır Write_Rom_LongFilename Bu belirteç ROM belleğindeki 1031'ten 1044 no'lu hücrelere kadar dosya değerlerinin getirilip Filename harfli matris devresine konmasıdır. Burada sistem yeniden basılması istenen dosya yolunu geri çağırır.
- **Menu_action_sdfile(card.Filename, card.LongFilename):** Curposition yeniden başlama noktasını sisteme çağırdıktan sonra G-CODE dosyasının ismi ve yolu SD kartından geri çağırılır. Sonuçta baskıya başlama komutunu vermekten başka bir iş kalmamıştır. Bu duruma menü_action_sdfle belirteci işaret edecektir. Bu belirteç baskı işlemine başlanması için gerekli olan dosya adını ve yolunu gösterecektir. (Bu belirteç sistemde daha önce hazır bir şekilde bulunur.)

3.3.2.2.2. Yeniden Başlama Noktasını ROM Belleğinden Çağırma

Bu işlem Write_Cur_Rom belirtecinin tersi olan bir işlem olarak kabul edilir. Bu işlevden sorumlu olan birim Read_Cur_Rom isimli belirteçtir. Şimdi Curposition değişkenine doğrudan bir değer aktarılmayacaktır. Bilakis Curposition_Temp değişkenine aktarım yapılacaktır. Bunun sebebi gelecek başlıkta (yeniden başlama noktasına sıçrama kısmında) izah edilecektir. ROM belleğinden Curposition_Temp değişkenine dosya değeri aktarma işlemi şöyle olmalıdır:

- Nakil işlemi 1003 hücresinden başlayacak ve 1003 sinyalinin değeri konacaktır. Daha sonra hücrenin içeriği aktarılıp Curposition_Temp değişkenine konacaktır. Bundan sonra sistem sol tarafa doğru 8 tane süpürme işlemi yapacaktır.
- Daha sonra 1003 hücresinden transfer yapılacaktır. Ardından hücre içeriği taşınıp değişkene eklenecektir. Bundan sonra sistem sol tarafa doğru 8 tane süpürme işlemi yapacaktır. Bu şekilde üçüncü ve dördüncü adımlar aynı

mekanizma içinde tekrar edecektir. Bu adımlar bittiğinde Curposition_Temp değişkeni doğru bir şekilde dosya değerlerini içerir bir hale gelecektir.



Şekil 3. 15. Curposition değişkenini ROM belleğinden geri çağırma mekanizması

Önceki görevin uygulanması bittikten sonra yazıcı baskıya başlamış olacaktır. Bu durumda akla şöyle bir soru gelebilir: Yazıcıya yeniden başlama komutu verildiği zaman yazıcı yarım kalan noktadan mı başlayıp devam eder, yoksa işleme en baştan mı başlar? Yazıcının daha önce durmuş olduğu noktadaki dosyaları okumaya başlamasını sağlayan komutlar nerededir?

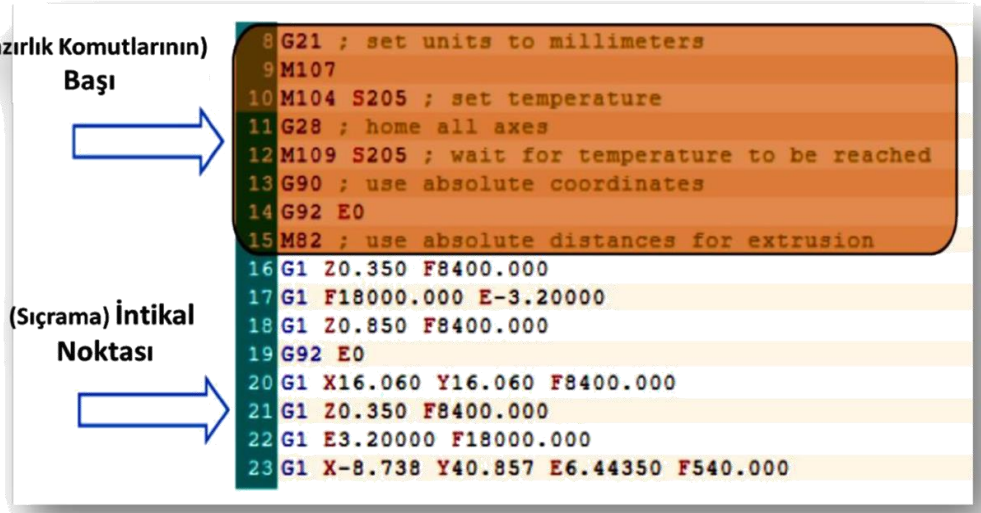
Bu soruya şöyle cevap verebiliriz: Sistemin yapmış olduğu işlem, dosyanın adını ve yolunu tekrar baştan okunması için göndermektir. Çünkü dosyanın başı (header) yazıcıların rezistansını, fanlarını ve diğer donanımlarını çalıştırma gibi baskıya hazırlık komutlarını içerir. Eğer sistem yazıcının daha önceki durmuş olduğu noktaya doğrudan konumlanırsa yazıcı başlık nozulu plastik ham maddeyi düzensiz bir şekilde rastgele püskürtmeye başlar. Yani böyle bir durumda yazıcı başlığı programsız bir şekilde rastgele hareket etmeye başlar. (Sonraki bölümde bu problemi çözen yöntemin açıklaması gelecektir.)

3.3.2.2.2.3. Yeniden Başlama İşleminin Başlangıcı

3.3.2.2.2.3.1. G-code Komutlarının İşlevi

Kullanıcı yazıcıya yeniden başlama onayı veya komutu verdikten sonra sistem G-CODE dosyalarını okumak için doğrudan başka bir adrese intikal etmez. Bilakis yazıcı

dosyayı baştan okumaya başlar. Çünkü her dosyanın başı baskıdan önce zorunlu hazırlık komutlarını içerir. Eğer böyle bir komut olmazsa baskı işlemi başarılı olmaz. (Aşağıdaki şekil bu komutları ve G-CODE dosyasını okuma için kaydedilen bir sanal adrese sıçrayacağı noktayı açıklar.)



The image shows a screenshot of a G-code file with two sections highlighted. The first section, labeled '(Hazırlık Komutlarının) Başı' (Start of Preparation Commands), includes lines 8 through 15. The second section, labeled '(Sıçrama) İntikal Noktası' (Jump/Transition Point), includes lines 16 through 23. A blue arrow points from the first label to line 8, and another blue arrow points from the second label to line 16.

```
8 G21 ; set units to millimeters
9 M107
10 M104 S205 ; set temperature
11 G28 ; home all axes
12 M109 S205 ; wait for temperature to be reached
13 G90 ; use absolute coordinates
14 G92 E0
15 M82 ; use absolute distances for extrusion
16 G1 Z0.350 F8400.000
17 G1 F18000.000 E-3.20000
18 G1 Z0.850 F8400.000
19 G92 E0
20 G1 X16.060 Y16.060 F8400.000
21 G1 Z0.350 F8400.000
22 G1 E3.20000 F18000.000
23 G1 X-8.738 Y40.857 E6.44350 F540.000
```

Şekil 3. 16. G-Code Dosyası Dosyası

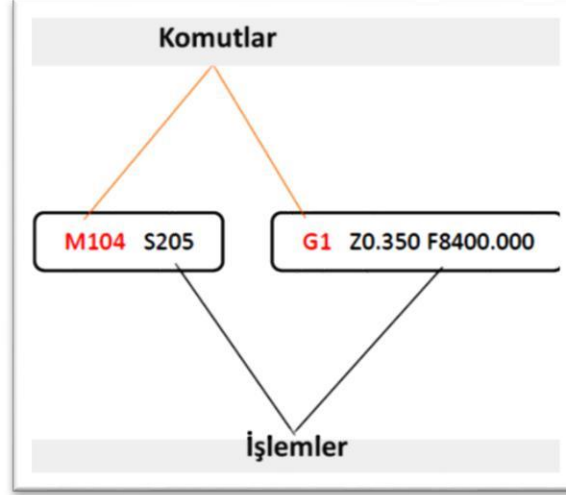
Yukarıdaki şekle baktığımızda G-CODE dosyasının iki modülden oluştuğunu görürüz.

- 1- Hazırlık Komutları: Bunlar baskı işlemine başlamadan önce yazıcıya gerekli olan hazırlık komutlarını gönderir. Baskı işlemi ister normal olsun isterse yeniden başlatılsın bu komutlar baskıya başlamadan önce yazıcının çalışması için gereklidir.
- 2- Baskı Komutu: Bunlar yazıcının başını hareket ettiren komutlardır. Yahut bu komutlara modelin resmini çizen harita olduğunu söylemek mümkündür.

O halde G-CODE dosyalarını okumaya baştan başlamak ve hazırlık komutları bitene kadar satır satır bütün emirleri yerine getirmek gerekir. Birinci satıra varıldığında baskı komutu verilmiş olur. İşte bu noktada sistem devreye girip baskı emrini durdurur ve doğrudan daha önceki başlama noktasına intikal eder. Çözüm yöntemini açıklamaya başlamadan önce hızlı bir şekilde G-CODE dosyasını izah etmek gerekir. G-CODE komutlarının bazılarını öğrenen ve G-CODE dosyası ile terkip eden sistem, yazıcının uygun bir vakitte doğru noktaya sıçramasını sağlar.

Aşağıdaki şekilde açıklandığı gibi (genellikle) komutlardaki her satır iki modül içerir. Birinci modül emir, ikincisi ise dosyanın değerleridir. Bir önceki şekle

dönüldüğünde hazırlık komutlarının birinci modülü oluşturduğu görülür. Bu emirler G28, M104, M107, G21... vb. Aşağıdaki komutların G1 hazırlık emirleri olduğu görülmektedir.



Şekil 3. 17. G-code Komutlarının Terkip Edilmesi

O halde sistem başlangıçtan G1 komutuna varıncaya kadar dosyaları okumaya ve işlem yapmaya başlar. Bu komuta geldiği zaman işlemi durdurur. Daha sonra yazıcıya yeniden başlangıç noktasına (sıçrama) intikal etme komutu verir. Bu işlem Process command işlevinin belirteci içinde tamamlanır.

3.3.2.2.3.2. Yeniden Başlama Noktasına Sıçrama

Process Command belirteci okunan G-CODE dosyasındaki emirleri işleme almaktan sorumludur. Bu belirtecin içinde yeniden başlama noktasına (sıçrama) intikal etmek için gerekli olan komutların yazılımı vardır. Şimdiki sistemde iki belirteç vardır. Bunlar yeniden başlama noktasına sıçramak için gerekli bir şart gibi kullanılır. Bu şart G-CODE dosyasının okunmasını kontrol eder. Okuma işlemi ve hazırlık yapma komutlarının işlemi bittiğinde sistem yeniden başlama noktasına şöyle sıçrar veya intikal eder:

- 1- Cood_seen: Bu belirteç bir harf olarak verilecektir. Eğer bu harf birinci modülde varsa True konumu aksi durumda False konumuna geçer.
- 2- Cood_value: Bu belirteç bir rakam olarak verilecektir. Eğer bu rakam birinci modülde varsa True konumu aksi yöne dönerek False konumuna geçer.

```
int CodeValue = (int)code_value();
if(code_seen('G') && CodeValue == 1 && card.Flage_Resume)
{
    card.change( card.curposition_Temp );
    card.Flage_Resume = false;
    return;
}
```

Şekil 3. 18. Başlama Noktasına Sıçrama Şartı

Yukarıdaki şekilde şartın şu üç modülden oluştuğu görülür:

- Birinci Modül: Birinci parçada G harfinin olduğunu tekit eder.
- İkinci Modül: Birinci parçada 1 rakamının olduğunu tekit eder.
- Üçüncü Modül: Yazıcının yeniden başlama konumunda olup olmadığını tekit eder.

Şimdi aşağıdaki şartları işlemek daha kolay bir durumdadır. Şimdiki durum G1 olduğunda ve yazıcı yeniden başlama konumunda olduğunda şu komutlar uygulanır.

- 1- Curposition _Temp değerini Curposition değişkinine dayandırır. Yani bu gelecek okuma Curposition değişkenini içeren yeni adresten başlayacak manasına gelir. Bu durum Change belirteçi vasıtasıyla tamamlanır. Curposition_Temp işlevine komut verilir. Bu değer önceki baskıda bulunan G-CODE dosyasını okumak için başka adrese işaret eden bir değerdir.
- 2- Flage_Resume bilgisinin değerini değiştir. Bu değer yazıcının yeniden başlama konumundan False değerine geçtiğini işaret eder. Yani bu, yeniden başlama durumunun bittiği anlamına gelir.
- 3- Satır başlıklarının okunmasını gösteren belirteç, önceki baskı yapılırken yazıcının durakladığı noktaya nakledildikten sonra, belirteç durumundan çıkmak ve komutları uygulamayı durdurmak için Return komutunu vermekten başka bir işlem kalmaz.

3.4. Uzaktan Kontrol Sistemi

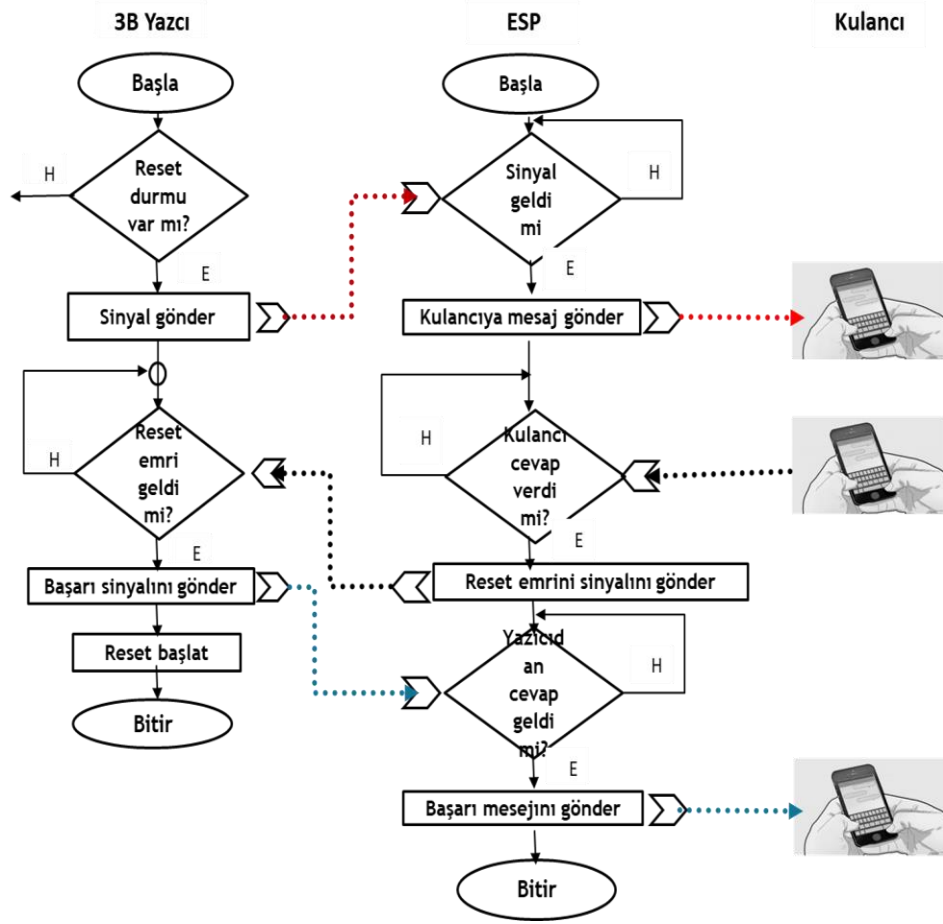
Bu bölümde yazıcının internete nasıl bağlandığı ve kullanıcıyla nasıl iletişime geçtiği yahut kullanıcının yazıcıyla nasıl bağlantı kurduğu izah edilecektir. Aynı şekilde uzaktan kontrol sistemi de açıklanacaktır. Geçtiğimiz bölümde yazıcının yeniden başlama sistemi izah edilmişti. Burada ise uzaktan kontrol sistemi açıklanacaktır.

Bu bölümle ilgili olan üç ana görev sırasıyla:

- 1- Modelin baskısı esnasında elektrik kesintisi yaşandığı bilgisinin kullanıcıya haber verilmesi.
- 2- Bilgisayar veya cep telefonu gibi cihazlarla baskının yeniden başlatılması
- 3- Kullanıcıya işlemin başarılı olduğunun haber verilmesi.

Şimdiye kadar vurgulana noktalar önerilen sistem için eklenen özelliklerden ibarettir. Bu özellikler kullanıcıya zaman kazandıracaktır. Bu sayede baskı esnasında bir kesinti olduğunu öğrenecektir. Böylece kullanıcı yeniden baskı yapma emri vermek için yazıcının bulunduğu yere gitmek zorunda kalmayacaktır. Bilakis yeniden başlama komutunu elektronik posta yolu ile yazıcıya gönderebilecektir. Bu durum kullanıcıya zaman açısından büyük bir avantaj sağlayacaktır. Bu sayede kullanıcı mesai saatleri dışında kendisine zaman ayırabilecektir. Kullanıcı bu sistemle çalışan 3B yazıcıya baskı emri verdikten sonra gönü rahat bir şekilde evine gidebilecektir. Bu esnada yazıcı model baskısına devam edecektir. Eğer elektrik kesintisi olursa –elektrik akımının geri gelmesi halinde- yazıcı kullanıcıya bu durumu bildirecektir. Kullanıcı bulunmuş olduğu yerden yazıcıya yeniden başlama komutu verebilecektir. Yeterli vakit geçtikten sonra yahut sabah uyandıktan sonra yazıcıyı baskı işlemlerini bitirmiş olarak bulacaktır.

Bütün bunlara ek olarak bilişim dünyası şimdi 2020 yılının eşiğinde İnternet Of Things tekniğine doğru yönelmektedir. Bu nedenle günümüz programcıları ve sistem tasarımcıları yeni teklonijiye ayak uydurmalı ve yaptıkları sistemleri internete bağlamalıdır. Zaten birçok programcı şimdiden internete dayalı yazılım yapmaya başlamışlardır. Çünkü teknoloji çağı hiç duraksamadan baş döndürücü bir hızla ilerlemektedir. Üç boyutlu yazıcılar bu teknolojiye ayak uydurmalıdır. Çünkü bu yazıcılar özellikle sanayi sektöründe öncü olacak ve çok yakın bir gelecekte diğer alanlara da hâkim olacaktır.



Şekil 3. 19. Uzaktan Kontrol Sisteminin Algoritması

Yukarıdaki şekil genel olarak uzaktan kontrol sistemini izah eder. Bu sistemde şu üç öğe veya ekipman vardır:

- 3B yazıcı
- ESP8266 yazılım kartı
- (Cep telefonu veya bilgisayar) kullanıcısı

Bu üç öğeyi veya unsuru açıklamaya geçmeden önce burada değinilmesi gereken bir nokta vardır. Çalıştırma ile kapatma işlemleri eş zamanlı olması için ESP işlem kartı üç boyutlu yazıcıya entegre edilmesi gerekir.

Birinci Adım: Yazıcı sistemi daha önce başlatılan baskı işleminin yarım kaldığını öğrendikten sonra –ki bu durum “Baskıya Yeniden Başlama Konumu” başlığında daha önce açıklanmıştır- doğrudan ESP işlem kartına sinyal gönderir. Bu sinyal uzaktan kontrol sisteminin ilk adımı olarak kabul edilir.

İkinci Adım: Yazıcıdan gönderilen sinyal (ki bu birinci adımda açıklanmıştır) ESP işlem kartını hazır hale getirir. Sinyali alan bu kart elektronik posta yoluyla kullanıcıya bilgi gönderir. Bu iletide baskının kesintiye uğradığı bildirildikten sonra “yazdırmaya devam etmek istiyorsanız linke tıklayın OK” ifadesi yer alır.

Üçüncü Adım: Kullanıcı linke bastığı zaman ESP işlem kartına yeniden başlama onayı göndermiş olur.

Dördüncü Adım: ESP işlem kartı yazıcıya “kaldığın yerden yeniden başla” komutu gönderir.

Beşinci Adım: Yazıcı bu komutu alıp hemen yeniden işleme başlar. Daha sonra baskıya yeniden başlama işlemi hakkında “işlem başarılı” oldu mesajını gönderir.

Altıncı Adım: Bu mesajı ESP kartı aldıktan sonra kullanıcıya elektronik posta yoluyla bir ileti gönderip yazıcının yenido baskı işlemine başlamak istediğini haber verir. Bu son işlem olur. ESP işlem kartı programın içindeki dilimi bitirmiş olmasına rağmen, yazıcı baskısı yarım kalan modeli tamamlamakla meşgul olur.

Bu şekilde adımların genel manada açıklanması bitmiştir. Bu adımlarda ESP işlem kartının önemli bir rol oynadığı dikkat çeker. Çünkü bu kart yazıcı ile kullanıcı arasında aracılık yapmaktadır. Bu noktaya kadar izlenen adımlar dikkatlice incelendiğinde sistemin nasıl çalıştığı daha iyi anlaşılır. Genel olarak açıklanan bu adımlar yeri geldiğinde izah edilecektir. Aslına önerilen sistem şu iki temel unsurdan oluşmuştur:

Bir: Bu bölüm yazıcı ile ilgilidir ve yazıcı ile ESP işlem kartı arasında nasıl iletişim sağlandığı açıklanır. Bu açıklamalar genel manada (programlama) şeklinde yapılır.

İki: Bu bölüm ESP işlem kartı ile ilgilidir ve internetle nasıl bağlantı kurulduğu açıklanır. Ayrıca kullanıcıya nasıl elektronik posta gönderildiği ve kullanıcının ESP işlem kartına nasıl komut verildiği izah edilir.

3.4.1. Üç Boyutlu Yazıcının Programlanması

3.4.1.1. Yazıcıdan ESP Kartına Sinyal Gönderilmesi

Yazıcı ESP işlem kartına baskının durumu ile ilgili sinyal gönderir. Bu durum elektrik kesintisinden sonra baskının yarım kalması halinde geçerlidir. Daha önceki

bölümde yazıcının basımı yarım kalan dosyaları nasıl öğrendiği açıklanmıştı. Bu işlem Check_Rom göstergesi vasıtasıyla yapılmaktadır ve “Baskıya Yeniden Başlama Konumu” başlığı altında bu konu detaylı olarak izah edilmiştir.

Yazıcı önceki baskının durumunu öğrendikten sonra Flage_Resume yeniden baskıya başlama bilgisini kaldırır. Bundan sonra doğrudan yazıcı ESP işlem kartına sinyal gönderir. Bu işlem belirteç (signal) yoluyla yapılır. Tekrar çağırılma durumunda işlem numarası gönderilir.

```
void CardReader::Signal(byte N_Port)
{
    digitalWrite(N_Port, HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(N_Port, LOW);
}
```

Şekil 3. 20. Sinyal Durumu

Şekil 3.20 sinyal işleminin niteliği açıklamaktadır. Bu sistem bir işlemci olarak ekrana elektriksel bir sinyal gönderir. Bu sinyal 10 mili saniye devam eder. Bundan sonra sinyal kesilir.

3.4.1.2. Yeniden Başlama Komutu Sinyalini Alma ve Yeniden Başlama İşlemi

Yazıcı kendi durumunu bildiren bir sinyal gönderdikten sonra kullanıcıdan gelen “baskıya yeniden başla” komutunun işlevi başlatılır (Şekil 3.21). Bu işlem ancak kullanıcı tarafından onay alındıktan sonra geçerli olur. Bu işlemden önce işlerin düzenlenmesi için diğer işlemler hazırlanır. Söz konusu işlemlerin sorunsuz bitmesi için ilgili yazılımların yazıcının sisteminde bulunması gereklidir.

```
if (card.Flage_Resume)
    if (digitalRead(2) == HIGH && Flage_Tekrar_Resume)
    {
        lcd_Yes_resume();
        Flage_Tekrar_Resume = false;
    }
```

Şekil 3. 21. Sinyalin Ulaşmasından Baskıya Yeniden Başlama Durumunu Gerçekleştiren Kod

Ana işlemcinin (loop) içine baskıya yeniden başlama işaretinin gerçekleştiği kodu yazılır. Şekil 3.21’de birinci şartın baskıya yeniden başlama hali için gerekli olan bilginin değişkenden alındığı gösterilir. Acaba bu komut kaldırılmış mıdır, yoksa True halinde midir sistem tarafından kontrol edilir. Eğer bu komut kaldırıldıysa orada başka bir şart devreye girer.

İşlemin birinci kısmı: Bu kısımda baskıya yeniden başlama komutu sinyalinin sisteme ulaşmasıyla yarım kalan baskının yapılma işlemi gerçekleşir.

İşlemin ikinci kısmı: Bu kısım şartın içinde bulunan komutların uygulanma durumunun birden daha fazla olmasını engellemek için işlemin geçersiz yapılmasından ibarettir. Bütün bu şartlar gerçekleştiği zaman yazıcı yeniden baskıya başlama işlemine döner. Bu işlem lcd_Yes_resume belirteci vasıtasıyla tamamlanır. Bu belirteç “Baskıya Yeniden Başlamaya Onay” başlığı altında açıklanmıştır. Bundan sonra program Flage_Tekrar_Resume bilgisini siler. Ancak baskıya yeniden otomatik başlama yöntemi manuel başlama metodu yolunu takip eder. Aralarında fark yoktur. Tek fark birinde yeniden başlama komutu vermek için düğmeye fiziki olarak dokunmak gerekir. Diğerinde ise sadece elektronik bir işaret vermek için düğmeye sanal olarak dokunmak yeterlidir.

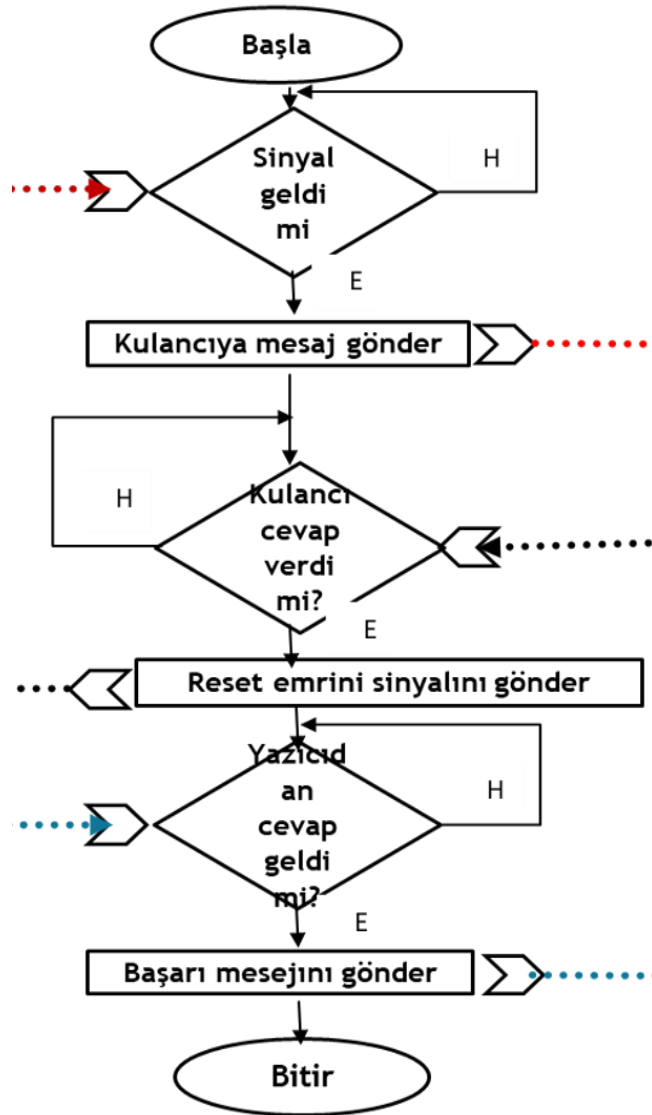
3.4.2. ESP8266 İşlem Kartının Programlanması

ESP işlem kartı, ESP8266_Gmail_Sender kodu ile programlanmıştır. Bu kod internette indirilmiştir. Program doğru bir şekilde çalışması için gerekli olan düzeltmeleri içeren sitenin adresi şöyledir: <https://www.instructables.com/id/ESP8266-GMail-Sender/> (Url-25, 2019)

Bu programa yazıcı ve kullanıcı ile işlem yapılabilme için gerekli eklentiler ilave edilmiştir ve üç dosyadan oluşur:

1. ESP8266_Gmail_Sender: Bu dosya temel bir dosya olarak kabul edilir. Yazıcı ve kullanıcı arasında iletişim sağlamak için gerekli olan adımlar bu programın içine yazılacaktır. Bunun içinde ana döngü (setup loop) (kurulum döngüsü) bulunur.
2. Kullanıcıdan WiFiServer server(81) vasıtasıyla gelen iletileri karşılayan işlemci numarası internet yoluyla gelen iletiyi gösterecek olan modem adı ve şifresi
3. Gsender.cpp: Bunun içinde bazı yardımcı döngü bulunur. İçindeki en önemli döngü gönderi (Send) belirtecidir.

4. Gsender.h: Bu dosyada bütün döngünün açıklanması yapılmıştır. Programın bütün dosyaları burada bulunabilir. Buna ek olarak mesaj göndereceğimiz kullanıcının e-mail adresi bu dosyada tanıtılmıştır. Aynı şekilde e-mailin şifresi de sistemde tanımlanmıştır. Programın bileşenlerine ve içeriğine hızlıca göz attıktan sonra ESP işlem kartının eklentileri daha iyi anlaşılacaktır. Ayrıca yazıcı ile kullanıcı arasında nasıl iletişim kurulduğu görülecektir.



Şekil 3. 22. ESP8266 kartındaki işlemlerin yürüme algoritması

Şekil 3.22’de görüldüğü gibi setup döngüsünün içine yazılmış olan altı işlem (adım) vardır. Bu program Loop döngüsüne değil Setup döngüsünün içine konmuştur. Çünkü programdan istenen şey bu komutu bir kez uygulamaktır. İşlem adımları şöyledir:

1. Yazıcıdan Baskıya Yeniden Başlama Sinyalini Bekleme

```
while( digitalRead(16) != HIGH )  
{  
  delay(1);  
}
```

Şekil 3. 23. Yazıcıdan gönderilen ve baskıya yeniden başlama durumunun var olduğunu belirten sinyalin işlem kartına ulaştığını kontrol eden kod

Şekil 3.22’de gösterildiği gibi bu adımda program While döngüsüne girer. D0(16) uygulayıcısını kontrol eder. Yazıcıdan sinyal geldi mi yoksa gelmedi mi? Bir şey bulamazsa yeniden araştırma yapar. Bu şekilde sinyal gelene kadar aramaya devam eder. Sinyal gelince ikinci adıma geçer.

2. Kullanıcıya Mesaj Gönderilmesi

```
Send_To_Email("Elektrik kesildi", "Yazdırmaya devam etmek istiyorsanız linke tıklayın", 1);
```

Şekil 3. 24. Elektronik postanın gönderilmesi için göstergenin geri çağırılması

Şekil 3.24’ten de anlaşılacağı gibi, program kullanıcıya mesaj göndermek için send_to_email belirtecini geri çağırır. Bu belirteç üç işlem içerir. Bu işlemlerin yapılması için belirteçle birlikte gönderilmesi gerekir. Bunlar:

- Mesaj başlığı
- Mesaj metni
- 1 Rakamı: 1 rakamı (baskıya yeniden başlamaya onay almak için) linkin (kullanıcıya) gönderildiğini gösterir.

3. Kullanıcıdan Cevap Bekleme

Program While döngüsüne girer. Sürekli bir şekilde uygulayıcısını kontrol eder. Kullanıcıdan cevap geldi mi gelmedi mi? Şekil 3.25'ten de görüleceği üzere, bu işlem ReciveFrom_Email belirteci ile yapılır. Çünkü bu belirteç, kullanıcıdan cevap gelmesi durumunda "Ok" haline, aksi durumda ise "Cancel" konumuna döner.

```
String Receive_from_email()
{
    WiFiClient client = server.available();
    if(!client){return "Cancel";}
    while(!client.available()){delay(1);}
    String s = client.readStringUntil('\n');
    s.remove(0,5);
    s.remove(s.length()-10 ,s.length());
    client.stop();

    return s;
}
```

Şekil 3. 25. Kullanıcıdan "kaldığın yerden baskıya yeniden başla" komutunu karşılayacak olan Recive_From_Email belirteci

4. Yeniden Başlama Sinyalinin Gönderilmesi

Program While döngüsüne girer ve devamlı bir şekilde Recive_From_Email belirtecini kontrol eder. Acaba "Ok" olarak mı yoksa "Cancel" olarak mı döndü bakar. Yani bu durum belirtecin yeniden başlama komutunu karşıladı anlamına gelir. Onun görevi programın yeniden başlama mesajını yazıcıya göndermek için Signal göstergesini çağırmasıdır.

Signal göstergesi D1 çıktısı yoluyla yazıcıya sinyal göndermekten sorumludur. (Bu durumun neye benzediği yukarıdaki şekilde açıklanmıştır.)

5. Yazıcıdan "Yeniden Başlama İşlemi Başarılı" Sinyalinin Beklenmesi

Program While döngüsüne girer ve sürekli bir şekilde D2 uygulayıcısını kontrol eder. Sinyal geldikten sonra While döngüsünden çıkıp diğer adıma geçer.

6. "Yeniden Başlama İşlemi Başarılı" Mesajının Gönderilmesi

Bu adım 2 no'lu adımın aynısıdır. Arasındaki fark sadece işlem değerleridir. Bu adım için uygun bir başlık ve mesaj yazılır. 0 rakamı gelmesi mesajla birlikte linkin ulaşmadığını ifade eder. Çünkü bu defaki mesaj, sadece işlemin başarılı olduğunu belirten bir mesajdır. Bu nedenle yeniden başlamaya onay almak için link göndermeye gerek yoktur.

4. BULGULAR Ve TARTIŞMA

Önerilen sistem 3B yazıcının özelliklerine 4 ayrı özellik ekleyerek bu tekniğin gelişmesine katkıda bulunmaktadır. Problemin çözüm yöntemi daha önce anlatılmıştır. Şimdi bu program uygulamasından elde edilen sonuçlar ve çıktılar açıklanacaktır. Bu bölüm iki ana kısımdan meydana gelir:

1. Bulgular ve baskı çıktıları
2. Bulgular ve ESP kartının çıktıları

Birinci kısımdaki sonuçlar ve baskı çıktıları yeniden başlama durumu hakkında olacaktır. Fakat ikinci kısımdaki sonuçlar ve ESP kartının çıktıları ise ESP kartı ile kullanıcı arasında gönderilen mesajlar hakkında olacaktır.

4.1. Bulgular ve Baskı Çıktıları

Önerilen sistem önceki modelin durumunu öğrenebilmiştir. Aynı şekilde sistem, aynı kesinti noktasından yeniden baskıya başlayabilmiştir. Bundan emin olmak için defalarca deneme yapılmıştır. Hatta aynı dosyanın yazımı esnasında birkaç kez kesinti olsa bile, bu program dosya içinde kalınan noktayı bulup aynı yerden başlayarak baskıya devam etmiştir.

4.1.1. Yazıcının Normal Konumu

Şekil 4.1'deki gibi model baskısı esnasında enerji kesintisi olmazsa yazıcı normal durumdadır. Yahut yazıcının ilk defa çalıştırılması ve sistemin doğrudan yüklenmesi anında normal konumdadır. Burada önemli bir uyarı yapmak gerekir. Üç boyutlu yazıcı sistemi geliştiren kişinin programı yazıcıya yüklerken bazen karşılaştığı özel bir hata durumu vardır. Bu sistem yüklenmeden önce araştırmacı ROM belleğinin sıfırlanmasını tavsiye eder. Özellikle Arduino Mega kartı daha önce kullanılmış ise mutlaka sıfırlanması gerekir. Fakat bu kart yeni ise, uyarıyı dikkate almaya gerek yoktur. Çünkü hafıza zaten boş olacaktır. Burada böyle bir uyarı yapılmıştır. Çünkü sistem çalıştırılmasıyla birlikte hemen ROM belleğini kontrol etmeye başlar. Bellekte bulunan verilere göre baskıya yeniden başlama kararı alır veya bundan vazgeçer. Şayet bu uyarı dikkate alınmazsa, sistem hatalı sonuçlara sebep olabilir.



a) Ana Ekran



b) Ana Menü

Şekil 4. 1. 3B Yazıcının normal konum ekranı a) ve b) ana ekranlar

Yukarıdaki şeklin “a” bölümü ana ekrandan ibarettir. Bu ekran yazıcı çalıştırıldığı zamanda devamlı görünür. Yazıcı ister normal konumda olsun isterse yeniden başlama konumunda olsun fark etmez; bu ekran görünmeye devam eder. Yukarıdaki şeklin “b” bölümü ise ekranın ana menüsünden ibarettir. Bu ekran, baskıya yeniden başlama durumu olmadıkça sürekli bu şekilde görünmeye devam eder. Ancak önceden yarım kalan baskıya aynı yerden başlama durumu olursa bu menü ana ekrandan kaybolur. Bunun yerine yeniden başlama ekranı gelir. Bu durum gelecek maddede izah edilecektir.

4.1.2. Yeniden Başlama Konumu

Sistem daha önce başlayıp ta baskısı bitmeyen modelin durumunu araştırdıktan sonra ekranda ana menü yerine yeniden başlama ekranı çıkarır. Ekran böyle bir şey gelmesi yarım kalan bir baskıya yeniden başlama durumu olduğu anlamına gelir. Diğer bir ifadeyle bu ekran baskıya yeniden başlama işlemlerinin uygulanması görevini yapar. Ana ekrandaki bu menü sayesinde kullanıcı yarım kalan baskının kaldığı noktadan devam edilmesine onay verebilir.



(a) Ana Ekran



(b) Yeniden Başlama



(c) Yeniden Başlama Seçenekler Ekranı

Şekil 4. 2. Yeniden Başlama Konumunda Bulunan 3B Yazıcının Ekranları

Şekil 4.2’de yeniden başlama konumunda bulunan 3B yazıcının ekranları a, b, c şeklinde gösterilmiştir. “a” şeklinde yer alan ekran her durumda görünen ana ekrandır. “b” şeklinde yer alan ekran ise yarım kalan baskıya aynı noktadan yeniden başlama ekranıdır. Bu ekran ancak yarım kalan bir baskı olması halinde görünür. Şayet daha önce yarım kalan baskı işi yoksa böyle bir ekran hiç görünmez. Onun yerine bir önceki şeklin “b” kısmında açıklanan ana menü ekrana gelir. “c” şeklinde yer alan ekran ise, yeniden başlama seçeneklerini gösteren bir ekrandır. Burada şu iki seçenek vardır: Birincisi “Yes” olup yeniden başlama talebine onay vermek manasına gelir. İkinci seçenek ise “No” olup yeniden başlama isteğini iptal etmek ve normal konuma dönüş anlamına gelir.

4.1.2.1. Yeniden Başlama Noktası

Kullanıcı yeniden başlama talebine onay verdikten sonra yazıcı yarım kalan baskı işine kaldığı yerden devam etmek için işlemlere başlar. Bu durum ana ekranda görünür. Ekran üzerinde baskı sayacı, baskı süresi, basılan dosya gibi bilgiler yer alır. Burada bizim için önemli olan basılan dosyanın oranıdır. Bu oranın bilinmesi sayesinde yazıcı, daha önce yarım kalan baskısına aynı noktadan başlayabilecektir. Burada değinilmesi gereken bir husus vardır. Bu husus; yazıcı G-CODE dosyasının içine doğrudan sıçrayıp yeniden başlama noktasına gitmez. Bilakis dosyanın baş tarafından uygulamaya başlar. Yazıcı, dosyanın baş tarafı işledikten sonra, yeniden başlama noktasını okumaya geçer. Bunun sebeplerini ve bu işlemin nasıl olduğunu bu araştırmanın üçüncü bölümünde detaylı bir şekilde izah etmiştik. Bu nedenle burada detay verilmeyecektir. Baskı oranı sıfırdan başlayıp hazırlık işlemleri bitene kadar devam eder. Tarama sonunda bulunan oran, daha önce yarım kalan dosyanın içindeki noktayı gösterir. Yani bu oran yarım kalan dosyanın baskısı tamamlanan orana göre değişir.



(a) Yeniden başlama noktasına sıçramadan önce hazırlık komutlarının uygulanması esnasındaki ana ekran.

(b) Yeniden başlama noktasına sıçrama anındaki ana ekran.

Şekil 4. 3. Yazıcının yeniden baskıya başlamasına onay verildikten sonra çıkan ana ekran

Şekil 4.3 yeniden baskıya başlama durumundaki ana ekranı göstermektedir. Şeklin “a” kısmı baskıya yeniden başlama işlem hazırlıklarına başlanmasını gösterir. Çünkü daha önce belirtildiği gibi yazıcı doğrudan doğruya yarım kalan noktaya hemen sıçramaz. Ancak hazırlık aşamasından bu noktayı bulduktan sonra işlemlere devam eder. Şeklin “b” kısmı yeniden başlama noktasına sıçramayı gösterir. Çünkü yazıcı daha önce baskı yaparken %51 oranındaki baskı noktasında durmuştur. Şimdi yazıcı hazırlık yapma aşamasını geçtikten sonra aynı noktaya gelip baskıya kaldığı yerden devam edecektir.

4.2. Bulgular ve ESP Kart Çıktıları

ESP işlem kartı yazıcı ile kullanıcı arasında aracılık rolünü üstlenir. Sistem kurulduktan sonra şu üç çıktı elde edilmektedir:

1. Yeniden başlama durumu “uyarı” mesajı
2. Yeniden başlama işleminin “başlangıç” mesajı
3. Yeniden başlama işlemi “başarılı” mesajı

Bu işlemleri denemek için helalalhadheq@gmail.com isminde bir elektronik posta adresi oluşturulmuştur. Bu posta adresi yoluyla mesajları göndermek için ESP kartı programlanmıştır. Karşı posta ise ESP kartına verilip tanımlanmıştır. Bu kart sayesinde mesajların alınması için bu araştırmayı yapan kişinin özel posta adresi işlem kartına tanımlanmıştır.

4.2.1. Yeniden Başlama Uyarı Mesajı

Şekil 4.4’TE görüldüğü üzere, yazıcı yeniden başlama konumunda ise, ESP işlem kartına sinyal gönderir. ESP kartı bu sinyali alınca kullanıcıya elektronik bir ileti gönderir. Bu mesajın içeriği daha önceki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 4. 4. Yeniden başlama uyarı mesajı

4.2.2. Yeniden Başlama İşlemine Başlangıç

Önerilen bu sistem, kullanıcıya bilgisayar veya akıllı cep telefonu yoluyla yahut manuel olarak baskıya yeniden başlama imkânı verir. Bu durum Şekil 4.4'te izah edilmiştir. Buradaki “Ok” ifadesi bir köprü görevi görür. Kullanıcı bu tuşa bastığı zaman köprüyü kullanarak yazıcıya yeniden başlama komutu göndermiş olur. Baskıya yeniden başlama işleminden sonra elde edilen çıktılar ve sonuçlar, daha önce “yeniden başlangıç noktası” başlığı altında izah edilen verilerle aynıdır. Aralarındaki tek fark birisi otomatik diğeri manuel olmasıdır.

Önceki başlıkta yazıcı ekran üzerindeki tuşlara manuel olarak dokunma sonucunda işlemlere devam eder. Burada ise yazıcı bu işlemi otomatik olarak yapar. Bunun için ESP işlem kartı önce kullanıcıdan bir onay alır sonra bunu sinyal olarak yazıcıya gönderir. Bu sinyali alan yazıcı yeniden başlama işlemlerini otomatik olarak yapar.

4.2.3. İşlem Başarılı Mesajı

Yazıcı yeniden başlama komutunu aldıktan sonra kaldığı yerden basım işlemine devam eder. İşleme başladıktan sonra ESP işlem kartına elektronik bir sinyal gönderir. ESP kartı bu sinyali yeniden başlama işlemi başarılı oldu olarak algılar ve hemen kullanıcının elektronik posta adresine bir mesaj gönderip ona işlemin başarılı olduğunu bildirir (Şekil 4.5).



Şekil 4. 5. Yeniden başlama işlemi başarılı oldu mesajı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Çıkarımlar

Bu tezde üç boyutlu yazıcının yarım kalan baskıya aynı yerden tekrar başlama uygulaması yapılmıştır. Marlin_RAMPS_EPCOS_i3v isimli 3B yazıcının sistemine bazı özellikler ekleyerek bu tekniğin geliştirilmesine katkı sağlayacak bir sistem önerilmiştir. Çünkü bütün sürümleriyle birlikte Marlin sistemi kaynağı açık olan bir sistemdir. Bu sistem RepRap grubunun çıkardığı ürünlerin içinde yer alır. Bu tezde önerilen sistem, her birisinin iki işlemi olan şu iki ana kısımdan meydana gelir:

1. Kaldığı yerden baskıya yeniden başlama sistemi
2. ESP işlem kartı sayesinde uzaktan kontrol sistemi

5.1.1. Baskıya Yeniden Başlama Sistemi

Bu yazıcıya iki önemli görev yapan şu iki özellik eklenmiştir:

1. Önceki Modelin Durumunu Öğrenmek: Eklenen bu sistem sayesinde 3B yazıcı, daha önceki baskının durumunu araştırır. Baskının tamamen bittiği veya yarım kaldığı konusunda bilgi alır. Çıkan sonuca göre yazıcı, her iki duruma uygun bir pozisyon alıp işlemlerine devam eder.
2. Yarım Kalan Baskıya Yeniden Başlamak: Yazıcı kendisine eklenen bu sistem sayesinde daha önce yarım kalan baskıya aynı noktadan başlayıp işleme devam eder. Bu durum, baskısı henüz tamamlanmayan bir model olduğu bilgisi alınması halinde geçerlidir. Aynı şekilde eklenen bu sistem, yeniden başlama öncesi yazıcının hazırlık yapmasını sağlar. Çünkü hazırlık yapma aşaması, baskıya yeniden başlama işleminin başarılı olması için büyük önem arz eder. Şayet yazıcı baskıya hazırlık yapmaksızın doğrudan işleme başlarsa sonuç başarısız olur. Yazıcı başlığı ham maddeyi püskürtmeksizin düzensiz bir şekilde hareket etmeye başlar.

5.1.2. ESP İşlem Kartı Yoluyla Uzaktan Kontrol Sistemi

ESP işlem kartı yazıcı ile kullanıcı arasında aracılık rolünü oynaması için gerekli yazılım yapılmıştır. ESP işlem kartı herhangi bir internet ağı veya WiFi cihazı ile bağlantı yapabilecek şekilde hazırlanmıştır. Bu bağlantı için istenilen şey sadece şunları girmektir:

1. Ağın adı ve internete bağlanmak için şifre.
2. Elektronik posta adresi ve iletilerin gönderilmesi için kullanılacak olan şifre.
3. (Kullanıcıya ait) Karşı elektronik posta adresi.

Bütün bunlar sağlandıktan sonra artık ESP kartı işlem yapmak için hazırdır.

ESP işlem kartı aşağıdaki görevleri başarı ile tamamlamıştır:

1. **Baskıya Yeniden Başlama Durumu Uyarı Mesajının Gönderilmesi:** Yarım kalan baskıya yeniden başlama durumu olması halinde, ESP işlem kartı bir mesaj hazırlayıp kullanıcıya gönderir. Bu iletide önceki model baskısının henüz bitmediğini haber verip baskıya kaldığı yerden yeniden başlama seçeneği sunar.
2. **ESP İşlem Kartının Yazıcıyı Yeniden Baskıya Yönlendirmesi:** İşlem kartından gelen mesajı alan kullanıcı, ileti üzerinde bulunan köprü linki kullanmak suretiyle, yazıcının tekrar baskı talebine onay verebilir. ESP kartı bu onayı alıp yazıcıya, yarım kalan baskıya aynı yerden yeniden başla komutu olarak iletir.
3. **Kullanıcıya İşlem Başarılı Mesajının Gönderilmesi:** Yazıcı ESP işlem kartından baskıya yeniden başlama komutunu aldıktan sonra hemen işlemlere başlar. Bu esnada ESP kartına işlem başarılı sinyali gönderir. ESP kartı bu sinyali alıp mesaj haline dönüştürerek kullanıcının elektronik posta adresine “işlem başarılı” iletisi gönderir.

5.2. Öneriler

Bu tez araştırması 3B yazıcının özelliklerine başka özellikler eklenmesi konusunda başarılı olmuş ve bu tekniğe katkıda bulunmuştur. Nitekim eklenen bu özellikler daha önce 3B yazıcıya yüklü olan Marlin_RAMPS_EPCOS_i3v yazılımında olmayan bir özelliktir. Bu tez araştırması boyunca not aldığımız bazı öneriler aşağıda listelenmektedir.

5.2.1. Yeniden Baskı Sistemi

Bu tez çalışmasında baskıya yeniden başlamak için gerekli olan verileri kaydetmek için ROM belleği kullanılmıştır. Araştırmacının tavsiyede bulunmak istediği şey, ROM belleği yerine alternatif olarak SD belleğinin kullanılmasıdır. Çünkü SD

belleği genel anlamda yazma ve düzeltme bakımından diğerine göre daha hızlıdır. Ancak SD belleği, baskı esnasında durulan noktayı tespit etmek için sürekli veri depolama konusunda sistemle birlikte işlem yapma açısından ROM belleğinden daha hızlı değildir. Ancak onun hızlı yazma ve düzeltme özelliği bu kusurunu örtebilir.

5.2.2. ESP Kartı Yoluyla Uzaktan Kontrol Sistemi

Bu sistemde en büyük rolü ESP işlem kartı oynamaktadır. Gerek kullanııcıya mesaj göndermek olsun gerekse kullanııcıya yeniden başlama komutu vermek olsun bütün işlemlerin odak noktasında bu kart bulunmaktadır. Bununla birlikte Remote XY veya Blynk gibi grafik tasarım programlarıyla tam bir sistem olarak çalışır. Yahut ESP kartı temelli uzaktan kontrol sistemlerini destekleyen diğer programlarla da uyumlu çalışır.

Kullanııcı uzaktan baskı kontrolü için önerilen bu programı kullanarak elektronik posta yerine alternatif olarak bu program yoluyla mesaj alabilir. Aynı şekilde kullanııcı an itibariyle baskısı tamamlanan dosya oranı bilgisini alabilir ve baskının bitmesi için ne kadar süre kaldığını öğrenebilir. Bu konuda program tasarlayıcılarının zihnine gelebilecek birçok fikir olabilir. Bütün bu fikirler yaşamış olduğumuz asrın teknolojisine ayak uydurmak için önerdiğimiz bu sisteme eklenebilir. Program tasarımcılarının üç boyutlu yazıcı sistemine eklenmesini zorunlu gördükleri IOT tekniğini biz de kabul ediyor ve onlarla aynı fikri paylaşıyoruz.

6. KAYNAKLAR

- Ambrosi, A. ve Pumera, M., 2016. 3D-printing technologies for electrochemical applications. *Singapore, Chemical Society Reviews*, 45(10), 2740-2755.
- Anzalone, G. C., Wijnen, B., Pearce, J. M., 2015. Multi-material additive and subtractive prosumer digital fabrication with a free and open-source convertible delta RepRap 3-D printer. *Rapid Prototyping Journal*, 21(5), 506–519.
- Atwood, C., Ensz, M., Greene, D., Griffith, M., Harwell, L., Reckaway, D., ... Smugeresky, J., 1998. Laser Engineered Net Shping. *albuquerque*, 4-8.
- Berman, B., 2012. 3-D Printing: The New Industrial Revolution, *Hempstead, Business Horizons*, 55(2), 155–162.
- Carroll, B. E., Palmer, A., Beese, A. M., 2015. ScienceDirect Anisotropic tensile behavior of Ti – 6Al – 4V components fabricated with directed energy deposition additive manufacturing, *Elsevier, Acta Materialia*, 87, 309-320.
- Caffrey, T., Wohlers, T., Campbell, R. I., 2016. Executive summary of the Wohlers Report 2016, *Wohlers Associates, UK*, 3-8,
- Crump, S. S., 1992. Apparatus And Method For Creating Three-Dimensional Objects, Patent No. 5,121,329, *Washington*, 1-3.
- Crowell, A. M., Cramer, S. A., Lopez, J. P., Rashka, E. K., Reuss, R. C., Wordsworth, V. K., Lewin, G. C., 2018. Development of a quality assurance tool for additive manufacturing. In *2018 Systems and Information Engineering Design Symposium SIEDS, IEEE*, pp. 76-81.
- Crump, S. Scott., 1994. Modeling apparatus For Three-Dimensional Objects, Patent No. 5,340,433, *Washington*, 1-6.
- Dean, D., Wallace, J., Siblani, A., Wang, M. O., Kim, K., Mikos, A. G., Fisher, J. P., 2012. Continuous digital light processing (cDLP): Highly accurate additive manufacturing of tissue engineered bone scaffolds: This paper highlights the main issues regarding the application of Continuous Digital Light Processing (cDLP) for the production of highly accurate PPF scaffolds with layers as thin as 60 µm for bone tissue engineering, *Maryland, Virtual and physical prototyping*, 7(1), 13-24.
- Deckard, C. R., Beaman, J. J., Darrah, J. F., 1992. Method For Selective Laser Sintering With Layerwise Cross-Scanning, Patent No. 5,155,324, *Washington*, 1-3.
- Edgar, J. ve Tint, S., 2015. Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing, *UK: Johnson Matthey Technology Review*, 59(3), 193-198.
- Frantzen, Q., 2018. Shattered Glass: Rethinking Additive Manufacturing with Neri Oxman [online], solidprofessor, from <https://www.solidprofessor.com/blog/shattered-glass-rethinking-additive-manufacturing-with-neri-oxman/>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B., 2014, Additive Manufacturing Technologies (Vol. 17), *Springer*, New York, 205-218,
- Gong, X., Anderson, T., Chou, K., 2014. Review on Powder-Based Electron Beam Additive Manufacturing Technology, *Manufacturing Review, Louis, Missouri, USA*, In ASME/ISCIE 2012 International Symposium on Flexible Automation (p. 507). ASME, 507-515.

- Gráinne, N. A., 2016. 3D-printed bone breakthrough made by Dublin researchers [online], *TheJournal.Ie., Ireland*, Retrieved from <https://www.thejournal.ie/3d-printing-medical-breakthrough-dublin-2960850-Sep2016/>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Harbaugh, J., 2014. Space Station 3-D Printer Builds Ratchet Wrench To Complete First Phas [online], *Nasa, USA*, Retrieved from https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/3Dratchet_wrench, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- He, Y., Xue, G. H., Fu, J. Z., 2014. Fabrication of low cost soft tissue Prostheses With The Desktop 3D Printer, *Hangzhou*, 4, 6973, 1-7.
- Hornbeck, L. J., 1997. Digital Light Processing for high-brightness high-resolution applications, *In Projection Displays (Vol. 3013). International Society for Optics and Photonics*, pp. 27–40.
- Huang, B., 2009. Development of a Software procedure for Curved Layered Fused Deposition Modelling (CLFDM) Development of a Software procedure for Curved Layered Fused Deposition Modelling (CLFDM), Yüksek Lisans, *Auckland University of Technology*, Auckland.
- Hull, C. W. ve Arcadia, C., 1984. Apparatus For Production Of Three-Dmensional Objects By Stereo Thography, *Germany, United States Patent, Appl., No. 638905*, 1-4.
- Inamura, C., Stern, M., Lizardo, D., Houk, P., Oxman, N., 2018. Additive Manufacturing of Transparent Glass Structures, *Massachusetts, 3D Printing and Additive Manufacturing*, 5(4), 269-282.
- Jadoon, A. K., Wu, C., Liu, Y. J., He, Y., Wang, C. C. L., 2018. Interactive Partitioning of 3D Models into Printable Parts, *Beijing, IEEE computer graphics and applications*, 38(4), 38-53.
- Kadhim, N. M. S. M., 2018. New Technologies and Their Impact on the Development of Architectural Education, *Diyala, In 2018 1st International Scientific Conference of Engineering Sciences-3rd Scientific Conference of Engineering Science (ISCES)*, IEEE, 231-236.
- Kodama, H., 1981. Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer. *Nagoya, Review of scientific instruments*, 52(11), 1770-1773.
- Lizardo, D., 2018. Printing a Glass Ecology, Doctoral dissertation, *massachusetts institute of technology, Cambridge*, 65-85.
- Mohon, L., 2015. Selective Laser Melting Can Cut Time, Costs for SLS RS-25 Engine Parts [online], *Nasa*. Retrieved from <https://www.nasa.gov/exploration/systems/sls/selective-laser-melting-can-cut-time-costs-for-sls-rs-25-engine-parts.html>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Moore, S. B., Glisson, W. B., Yampolskiy, M., 2017. Implications of Malicious 3D Printer Firmware, *South Alabama, Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*, 6089-6098
- Mukhopadhyay, S. ve Poojary, R., 2018. A Review on 3D Printing : Advancement In Healthcare Technology. *In 2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET). Dubai: IEEE*, 1-5.

- Murphy, S. V. ve Atala, A., 2014. 3D Bioprinting Of Tissues And Organs, *Nature biotechnology*, 32(8), 773-785.
- Murr, L. E., Gaytan, S. M., Ramirez, D. A., Martinez, E., Hernandez, J., Amato, K. N., Wicker, R. B., 2012. Metal Fabrication by Additive Manufacturing Using Laser and Electron Beam Melting Technologies. *Texas, Journal of Materials Science & Technology*, 28(1), 1–14.
- Olakanmi, E. O., Cochrane, R. F., Dalgarno, K. W., 2015. Progress in Materials Science A review on selective laser sintering / melting (SLS / SLM) of aluminium alloy powders : Processing , microstructure , and properties, *Journal Of Progress In Materials Science, Elsevier Ltd.*, 74, 401–477 .
- Pîrjan, A. ve Petroşanu, D. M., 2013. The impact of 3D printing technology on the society and economy, *Journal of Information Systems and Operations Management, Romanian-American University*, 7(2), 360-370.
- Pollák, M., Török, J., Zajac, J., Kočiško, M., Telišková, M., 2018. The Structural Design of 3D Print Head and Execution of Printing via the Robotic Arm ABB IRB 140. *In 2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), Kosice, IEEE*, 194-198,
- Popova, M., 2010 Urbee: The World's First 3-D Printed Car [online], from <https://bigthink.com/design-for-good/urbee-the-worlds-first-3-d-printed-car>, [Ziyaret Tarihi: 4 Şubat 2019].
- Prater, T., Bean, Q., Werkheiser, N., Grguel, R., Beshears, R., Rolin, T., Ordonez, E., 2017. Analysis of specimens from phase I of the 3D printing in Zero G technology demonstration mission, *Huntsville, Rapid Prototyping Journal*, 23(6), 1212–1225.
- PwC., 2016. 3D Printing comes of age in US industrial manufacturing. <http://www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/3d-printing-comes-of-age.html>.
- Romero, J. A., Griffith, M. L., Keicher, D. M., Atwood, C. L., Smugeresky, J. E., Harwell, L. D., Greene, D. L., 1996. Free Form Fabrication Of Metallic Components Using Laser Engineered Net Shaping (LENS), *In 1996 International Solid Freeform Fabrication Symposium, Sandia National Laboratories, Albuquerque*, 125-132.
- Sachs, E. M., Haggerty, J. S., Cima, M. J., Williams, P. A., 1993. Three-Dimensional Printing Techniques, *U.S. Patent No. 5,204,055. Washington,*, 1-6.
- Sachs, E., Wylonis, E., Allen, S., Cima, M., Gu, H., 2000. Production of Injection Molding Tooling With Conformal Cooling Channels Using the Three Dimensional Printing Process, *Cambridge, Massachusetts, Polymer Engineering & Science*, 40(5), 1232-1247.
- Şovăilă, F., Şovăilă, C., Baroiu, N., 2016. Delta 3d Printer, *Journal of Industrial Design and Engineering Graphics, Galati*, 11(1), 29-34.
- Tarafder, S., Balla, V. K., Davies, N. M., Bandyopadhyay, A., Bose, S., 2013. Microwave-sintered 3D printed tricalcium phosphate scaffolds for bone tissue engineering, *Washington, Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 7(8), 631-641.
- Thampi, G. T. ve Sahana, V. W., 2018. 3D Printing technology in Industry. *In 2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC), Icisc, IEEE*, 528–533.

- Torrington, G., Vronneau, S., Hlvka, J. P., 2017. 3D Printing Downstream Production Transforming the Supply Chain, *PE-229 OSD, RAND Corporation Santa Monica United States*, 5-13.
- Van Wijk, A. J. M. ve Van Wijk, I., 2015. 3D printing with biomaterials: Towards a sustainable and circular economy, *IOS Press, C.T.L.R (Vol. 18), Amsterdam*, 54-55.
- Varotsis, A. B., 2016. Introduction to Material Jetting 3D Printing [online], *New York, 3D Hubs*, from <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing>, [Ziyaret Tarihi: 4 Şubat 2019].
- Vora, P.M., 2016. Mumbai surgeons use 3D models to help in complex surgeries[online], *mumbai, Hindustan Times*, Retrieved from <https://www.hindustantimes.com/mumbai/mumbai-surgeons-use-3d-models-to-help-in-complex-surgeries/story-CAtFaK5TPsw5bQdy63pmvM.html>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Weber, C., Peña, V., Micali, M., Yglesias, E., Rood, S., Scott, J. A., Lal, B 2013. The Role of the National Science Foundation in the Origin and Evolution of Additive Manufacturing in the United States, IDA Paper P-5091 Log: H 13-001626, *Science & Technology Policy Institute, USA*, 3-19.
- Wittbrodt, B. T., Glover, A. G., Laureto, J., Anzalone, G. C., Oppliger, D., Irwin, J. L., Pearce, J. M., 2013. Life-Cycle Economic Analysis of Distributed Manufacturing with Open-Source 3-D Printers, *USA, Mechatronics*, 23(6), 713-726.
- Wu, C., Yi, R., Liu, Y. J., He, Y., Wang, C. C. L., 2016. Delta DLP 3D printing with large size, *In 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Daejeon, IEEE*, 2155–2160.
- Wunderlich, H., Reichelt, O., Schubert, R., Zermann, D. H., Schubert, J. 2000. Preoperative simulation of partial nephrectomy with three- dimensional computed tomography. *BJU international*, 86(7), 777-781.
- Yap, C. Y., Chua, C. K., Dong, Z. L., Liu, Z. H., Zhang, D. Q., Loh, L. E., Sing, S. L., 2015. Review of selective laser melting: Materials and applications, *Applied Physics Reviews, Singapore*, 2(4), 041101.
- Url-1 < <https://www.autodesk.com/education/free-software/featured>>, [Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2019].
- Url-2<<https://www.theguardian.com/technology/2013/dec/09/metal-3d-printing-key-developments-second-industrial-revolution>>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Url-3<<https://www.economist.com/special-report/2012/04/21/a-third-industrial-revolution>>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Url-4 < https://reprap.org/wiki/G-code#M916:_Resume_print_after_power_failure>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Url-5 < <https://www.3dsystems.com/our-story>>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Url-6 < <https://www.stratasys.com/corporate/about-us>>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Url-7 < https://www.eos.info/about_eos/history>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].
- Url-8 < <https://www.solidescape.com/about/>>, [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].

B0%E6%A9%9F%E9%81%8B%E4%BD%9C%E6%8A%80%E8%A1%93%E7%B0
%A1%E4%BB%8B-3-dlp-mings-3d/>, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

Url-32 < <http://pizzingafun.com/post/27196/Impresi%C3%B3n-L%C3%ADquida-3d-Es-Mucho-M%C3%A1s-R%C3%A1pida-Que-La-Actual-Info> >, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

Url-33 < <https://wheelzz321.blogspot.com/> >, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

Url-34 < https://i2.wp.com/www.researchgate.net/profile/Alfred_Sidambe/publication/269836411/figure/fig3/AS:295194013519877@1447391145484/Schematic-overview-of-selective-laser-melting-SLM-cycle.png >, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

Url-35 < <https://rapidfab.ricoh-europe.com/technologies/electron-beam-melting-ebm>>, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

Url-36 < <https://www.expertreviews.co.uk/printers/1401885/hp-debuts-multi-jet-fusion-3d-printing-technology>>, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

Url-37 < <https://www.fdm3dprinting.nl/hoer-werkt-het-fdm-proces>>, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

Url-38 < <https://mechguru.com/how-products-are-made/7-important-3d-printing-technologies-you-must-know/attachment/material-jetting/> >, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

Url-39 < <http://additivemanufacturing.com/2015/10/14/electron-beam-additive-manufacturing-ebam-advantages-of-wire-am-vs-powder-am/> >, [Ziyaret Tarihi: 12 Şubat 2019].

EKLER

Loop()

```
if (card.Flage_Resume)
  if (digitalRead(2) == HIGH && Flage_Tekrar_Resume)
  {
    lcd_Yes_resume();
    Flage_Tekrar_Resume = false;
  }

  if (card.sdprinting == true)

  {
    cur_ = card.get_cur();
    Write_Cur_ROM();

  }

  else if (card.get_cur() == card.get_filesize() && card.Flage_Sifirlama)

    card.Sifirlama_ROM();

} //end Loop
```

Setup ()

```
pinMode(1, OUTPUT);
pinMode(2, INPUT);
pinMode(4, OUTPUT);
digitalWrite(1, LOW);
digitalWrite(4, LOW);

  if (Check_ROM())
  {
    card.Flage_Resume = true;
    card.Signal(1);
  }
```

Marlin_main.cpp

```
int Check_ROM()
{
  int Sum = 0;
  for (int i = 2000; i<2004; i++)
    Sum += EEPROM.read(i);
  return Sum;
}
```

```

void Write_Cur_ROM()
{
    int i = 1000;
    for (byte j = 0; j <= 24; j += 8)
    {
        EEPROM.write(i, cur_ >> j);
        i++;
    }
}

```

Process_commands()\

```

card.Flage_Sifirlama = true;
int CodeValue = (int)code_value();
if(code_seen('G') && CodeValue == 1 && card.Flage_Resume)
{
    card.change( card.curposition_Temp );
    card.Flage_Resume = false;
    return;
}

```

Ultralcd.cpp

```

void lcd_Yes_resume()
{
    card.Read_Cur_ROM();
    card.Read_ROM_longFilename();
    card.Read_ROM_filename();
    menu_action_sdfile(card.filename, card.longFilename);

    if(card.Flage_Resume)
        card.Signal(4);

    lcd_return_to_status();
}
static void lcd_No_resume()
{
    card.Sifirlama_ROM();
    lcd_return_to_status();
}
static void lcd_resume_menu()
{
    START_MENU();

    MENU_ITEM(back, MSG_MAIN, lcd_main_menu);
    MENU_ITEM(function, MSG_YES, lcd_Yes_resume);
    MENU_ITEM(function, MSG_NO, lcd_No_resume);

    END_MENU();
}

/* Menu implementation */
static void lcd_main_menu()
{

```



```

START_MENU();

    MENU_ITEM(back, MSG_WATCH, lcd_status_screen);

    if (!card.Flage_Resume)
    {
    if (movesplanned() || IS_SD_PRINTING)
    {
        MENU_ITEM(submenu, MSG_TUNE, lcd_tune_menu);
    }
    else {
        MENU_ITEM(submenu, MSG_PREPARE, lcd_prepare_menu);
    }
    MENU_ITEM(submenu, MSG_CONTROL, lcd_control_menu);
#ifdef SDSUPPORT
    if (card.cardOK)
    {
        if (card.isFileOpen())
        {
            if (card.sdprinting) {
                MENU_ITEM(function, MSG_PAUSE_PRINT,
lcd_sdcard_pause);
            }
            else
                MENU_ITEM(function, MSG_RESUME_PRINT,
lcd_sdcard_resume);
            MENU_ITEM(function, MSG_STOP_PRINT, lcd_sdcard_stop);
        }
        else {
            MENU_ITEM(submenu, MSG_CARD_MENU, lcd_sdcard_menu);
#ifdef SDCARDDetect < 1
            MENU_ITEM(gcode, MSG_CNG_SDCARD, PSTR("M21")); //
SD-card changed by user
#endif
        }
    }
    else {
        MENU_ITEM(submenu, MSG_NO_CARD, lcd_sdcard_menu);
#ifdef SDCARDDetect < 1
        MENU_ITEM(gcode, MSG_INIT_SDCARD, PSTR("M21")); // Manually
initialize the SD-card via user interface
#endif
    }
    }
    else

        MENU_ITEM(submenu, MSG_RESUME_PRINT, lcd_resume_menu);
#endif
        //MENU_ITEM(submenu, MSG_CHANGE_PASSWORD, Change_Password);
    END_MENU();
}

```

Cardreader.h

```

FORCE_INLINE void change(uint32_t curposition_Temp) {
file.change_cur(curposition_Temp); }
FORCE_INLINE uint32_t get_cur() { return file.curPosition(); }
FORCE_INLINE uint32_t get_filesize() { return filesize; }

```

Cardreader.cpp

```
void CardReader::Read_Cur_ROM()
{
    curposition_Temp = 0;
    for (int i = 1003; i >= 1000; i--)
    {
        curposition_Temp = curposition_Temp << 8;
        curposition_Temp = curposition_Temp + EEPROM.read(i);
    }
}

void CardReader::Sifirlama_ROM()
{
    for (int i = 1000; i<1004; i++)

        EEPROM.write(i, 0);

    Flage_Sifirlama = false;
    Flage_Resume = false;
}

void CardReader::Read_ROM_longFilename()
{
    for (byte i = 0; i < 27; i++)
        longFilename[i] = char(EEPROM.read(i + 1004));
}
void CardReader::Read_ROM_filename()
{
    for (byte i = 0; i < 13; i++)
        filename[i] = char(EEPROM.read(i + 1031));
}
void CardReader::write_ROM_longFilename()
{
    for (byte i = 0; i<27; i++)
        EEPROM.write((1004 + i), longFilename[i]);
}

void CardReader::write_ROM_filename()
{
    for (byte i = 0; i<13; i++)
        EEPROM.write((1031 + i), filename[i]);
}
void CardReader::Signal(byte N_Port)
{
    digitalWrite(N_Port, HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(N_Port, LOW);
}
}
```

menu_action_sdfile

```
if (!card.Flage_Resume)
{
    card.write_ROM_longFilename();
    card.write_ROM_filename();
}
```

@@

ESP6682_Gmail_Sender

❖ Setup ()

```
void setup()
{
    pinMode(D0, INPUT);
    pinMode(D1, OUTPUT);
    pinMode(D2, INPUT);

    server.begin();

    Serial.begin(115200);
    connection_state = WiFiConnect();
    if(!connection_state) // if not connected to WIFI
        Awaits();        // constantly trying to connect

    //////////////////////////////////1////////////////////////////////////
    while( digitalRead(16)!= HIGH )
    {
        delay(1);
    }

    Send_To_Email("Elektrik kesıldı", "Yazdırmaya devam etmek istiyorsanız linke tıklayın", 1);

    //////////////////////////////////2////////////////////////////////////
    while(Receive_from_email() == "Cancel" )
    {
        Serial.println("2");
        delay(1);
    }
    Signal();

    //////////////////////////////////3////////////////////////////////////
    while(digitalRead(D2) == LOW )
    {
        Serial.println("3");
        delay(1);
    }
    Send_To_Email("İşlem başarılı oldu", "İşlem başarılı oldu ve şimdi yazıcı çalışıyor", 0);
}
void loop()
{ }
```

```

❖ void Signal()
{
    digitalWrite(D1,HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(D1,LOW);
}

❖ String Receive_from_email()
{
    WiFiClient client = server.available();
    if(!client){return "Cancel";}
    while(!client.available()){delay(1);}
    String s = client.readStringUntil('\n');
    s.remove(0,5);
    s.remove(s.length()-10 ,s.length());
    client.stop();

    return s;
}

❖ void Send_To_Email(const String &subject , const String &Message, byte s)
{
    Gsender *gsender = Gsender::Instance(); // Getting pointer to class
instance
    //String subject = "Subject is optional!";

    if(gsender->Subject(subject)->Send("hyemen2010@gmail.com", Message, s)) {
        Serial.println("Message send.");
        // Serial.println(ip);
    } else {
        Serial.print("Error sending message: ");
        Serial.println(gsender->getError());
    }
}

```

Gsender.cpp

```

bool Gsender::Send(const String &to,const String &message, byte s)
.
.
.
if (s == 1)
    body = "<!DOCTYPE html><html lang=\"en\">" + message + "<br>" + "<a href =
http://192.168.10.192:81/Ok>" + "Ok" + "</a>" + "</html>";
else
    body = "<!DOCTYPE html><html lang=\"en\">" + message + "</html>";

```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Helal Saleh Hussein AL-HADHEQ
Doğum Yeri ve Tarihi : Yemen - 01.01.1980
Telefon : +90 (534) 550 54 34
E-posta : hyemen2010@gmail.com

EĞİTİM

Derece		Bitirme Yılı
Lise	: Ş.Alzubairy, AMRAN	2002
Üniversite	: University of Science & Technology, Fakulty of Science & Engineering, Computer Science, SANAA/YEMEN	2008

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010-2014	Amran Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı	Müh.

UZMANLIK ALANI:

- 1- C++
- 2- Assembly
- 3- Arduino
- 4-

AKADEMİK ÇALIŞMALAR