

**T.C.  
YAŞAR ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
SANAT VE TASARIM ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**3 BOYUTLU YAZICI VE SİNEMADA KULLANIMI**

**YAVUZ SELİM BALCIOĞLU**

**DANIŞMAN  
PROF.DR. A.ŞEFİK GÜNGÖR**

**İZMİR, 2014**

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum " 3 BOYUTLU YAZICI VE SİNEMADA KULLANIMI" adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

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

Yavuz Selim BALCIOĞLU



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın konusunun belirlenmesinden tamamlanmasına kadar geçen sfire içerisinde beni y6nlendiren ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof.Dr. A. Şefik GÜNGÖR'e teŐekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, her zaman ve her konuda olduğu gibi, bu aşamada da destekleriyle yanımda olan sevgili babam Murat BALCIOğLU ve annem Saide BALCIOğLU' na tüm kalbimle teşekkür ederim.

Yavuz Selim BALCIOğLU

İzmir,2014

## ÖZET

Yüksek Lisans

### 3 BOYUTLU YAZICI VE SİNEMADA KULLANIMI

Yavuz Selim BALCIOĞLU

Yaşar Üniversitesi

Sanat ve Tasarım Fakültesi

Sanat ve Tasarım Yüksek Lisans Programı

Bu tez, bilimsel bir çerçeve içinde, 3 boyutlu yazıcıların kullanım ve uygulama süreçlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Tezin temel önermesi; 3 boyutlu yazıcıların gelişiminin, sinemadaki işlevsel yapısını ve üretim sürecine katkısının uygulama çalışması ile desteklenerek başarılı ya da başarısız olduğunu kanıtlamaktır. 3 boyutlu yazıcılar geçmişten günümüze ışık hızıyla ifade edebileceğimiz bir şekilde inanılmaz gelişim göstermiştir. 3 boyutlu yazıcıların çıkış sürecinde çalışma alanına yönelik en büyük eksikliklerden bir tanesi bilgisayar destekli tasarımların gerçeğe dönüştürülmesi aşamasında kusursuz bir süreç elde edilememesiydi. Günümüzde artık 3 boyutlu yazıcılar bu açığı mükemmel bir şekilde doldurmaktadır. Artık hem kâğıt üzerinde hem de bilgisayar üzerindeki her şeyin mükemmel bir kopyasına sahip olmak çok kolay. Bu çalışmada 3 boyutlu yazıcının öncelikle tarihine bir göz attıktan sonra onu günümüzde vazgeçilmez yapan unsurlar tek tek incelenmiş, sinema ve animasyon sektörüne kattığı faydalar birer birer ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 3D yazıcı, Bilgisayar Destekli, Animasyon Sektörü

# **ABSTRACT**

## **Master Thesis**

### **3D PRINTING AND USING IN CINEMA**

**Yavuz Selim BALCIOĞLU**

**Yaşar University**

**Institute of Art and Design**

**Master of Art and Design**

This thesis aims to review usage and application process of 3d printers in a scientific manner. The basic premise of the thesis; the development of three-dimensional printers, functional structure of cinema and production processes and work practices supported by dunn tribution is successful or not, is to prove that. 3d printers from past to present progressed at the speed of light. The biggest problem of 3d printers since their inception was the inability of producing computer aided designs flawlessly. Today 3d printing addressed this problem perfectly. Now it's very easy to obtain a perfect copy of things on paper or inside a computer. First we looked at the history of 3d printing, then we reviewed the elements that made 3d printing indispensable, and finally the contributions it made to film and animation.

**Key Words:** 3D Print, Computer, Animation Industry, Cinema

## 3 BOYUTLU YAZICI VE SİNEMADA KULLANIMI

YEMİN METNİ .....	i
TEZ SINAV TUTANAĞI.....	ii
TEŞEKKÜR METNİ.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
KISALTMALAR .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
GİRİŞ .....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 3 BOYUTLU YAZICILAR

1.1. 3 Boyutlu Yazıcıların İcadı.....	3
1.1.1. Terminoloji.....	4
1.2.1. Genel Prensipler.....	5
1.2.1.1. Modelleme.....	5
1.2.1.2. Çıktı İşlemi.....	6
1.2.1.3. Son Aşama.....	7
1.3.1. Üretim Şekilleri.....	8
1.4.1. Materyal.....	10
1.4.1.1. FDM Thermoplastics.....	11
1.4.1.2. PolyJet Photopolymers.....	16
1.5.1. Ekstrüzyon Birikimi.....	22
1.6.1. Taneli Malzemeleri İşletme.....	22
1.7.1. Laminasyon.....	23
1.8.1. Fotopolimerizasyon.....	23
1.2. 3 Boyutlu Yazıcıların Geçirdiği Evrim.....	24
1.2.1. 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanım Alanları.....	24
1.2.1.1. Endüstriyel Kullanım.....	24
1.2.1.1.1. Seri Prototipleme.....	24
1.2.1.1.2. Seri Üretim.....	24

1.2.1.1.3. Kütle Özelleştirme.....	24
1.2.1.1.4. Kütle Halinde Üretim.....	25
1.2.1.1.5. Yerel ve Hobi Kullanımı.....	25
1.2.1.1.6. Kıyafet Tasarımı.....	25
1.2.1.2. Tüketici Kullanımı.....	25
1.3. 3 Boyutlu Yazıcı Türleri.....	26
1.3.1. Stereolithography.....	26
1.3.2. Selective Laser Sintering (SLS).....	27
1.3.3. Fused Deposition Modelling (FDM).....	27
1.3.4. Three Dimensional Printing (3DP).....	28
1.3.5. Self-Replicating 3 Boyutlu Yazıcılar.....	29
1.3.6. MakerBot.....	29

## İKİNCİ BÖLÜM

### 3 BOYUTLU YAZICILARIN SİNEMADA KULLANIMI

2.1. 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılarak Yapılan Kurmaca Filmler.....	31
2.1.1. Mekan Tasarımı İçin 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Filmler.....	31
2.1.1.1. Avatar.....	31
2.1.1.2. Yüzüklerin Efendisi.....	33
2.1.2. Karakter Tasarımı için 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Filmler.....	35
2.1.2.1. Transformers.....	35
2.1.2.2. Yaratık avcıya karşı.....	37
2.1.2.3. Demir Adam.....	38
2.1.2.4. Jurassic Park.....	40
2.1.3. Araç Tasarımı için 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Filmler.....	41
2.1.3.1. Yıldız Savaşları.....	41
2.1.3.2. Star Trek.....	43
2.1.3.3. Tron.....	44
2.1.3.4. Batman.....	46
2.1.3.5. Ender'in Oyunu.....	47



2.2.	3 Boyutlu Yazıcı Kullanılarak Yapılan Animasyon Filmler.....	49
2.2.1.	Mekan Tasarımı İçin 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Animasyon Filmler.....	49
2.2.1.1.	Misfit Korsan Bando.....	49
2.2.2.	Karakter Tasarımı için 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Animasyon Filmler.....	51
2.2.2.1.	Paranorman.....	51
2.2.2.2.	Coraline.....	52

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3 BOYUTLU YAZICI UYGULAMA ÇALIŞMA

3.1.	Uygulama Konusu : T-800.....	54
3.1.1.	Karakterin Terminolojisi.....	54
3.1.2.	Filmdeki Rolü.....	54
3.1.3.	Karakteristik Özellikleri.....	55
3.2.	T-800 Uygulama Çalışması.....	55
3.2.1.	T-800 Modelleme.....	55
3.2.2.	T-800 Kaplama.....	60
3.2.3.	T-800 3 Boyutlu Çıktı Aşaması.....	61
	SONUÇ.....	62
	KAYNAKÇA.....	64

## KISALTMALAR

<b>AEC</b>	Yapı, Mühendislik, Tasarım
<b>CAD</b>	Bilgisayar Destekli Tasarım
<b>VRML</b>	Sanal Gerçeklik Modelleme Dili
<b>DMLS</b>	Doğrudan Metal Lazer Sinterleme
<b>SLS</b>	Seçici Lazer Sinterleme
<b>FDM</b>	Sigortalı Depozisyon Modelleme
<b>SLA</b>	Stereolithography
<b>LOM</b>	Lamine Nesne İmalatı
<b>ABS</b>	Akrilonitril Butadien Stiren
<b>PC</b>	Polikarbonat
<b>PLA</b>	Polilaktik Asit
<b>HDPE</b>	Yüksek Dayanıklı Polietilen
<b>PPSU</b>	Polifenilsülfon
<b>SLM</b>	Selektif Lazer Erime
<b>EBM</b>	Elektron Demeti Eritme
<b>DLP</b>	Dijital Işık İşleme
<b>LS</b>	Lazer Sinterleme
<b>GNU</b>	Genel Kamu Lisansı
<b>3PD</b>	Üç Boyutlu Baskı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 3D Print Slice Yöntemi	5
Şekil 2. 3D Printing	7
Şekil 3. Son Aşama	8
Şekil 4. 3D Print Materyalleri	9
Şekil 5. FDM Thermoplastics	10
Şekil 6. ABS Plus	11
Şekil 7. ABD-M30	11
Şekil 8. ABS-ESD7	12
Şekil 9. PC-ABS	13
Şekil 10. PPSF/PPSU	13
Şekil 11. ABSi	14
Şekil 12. ABS-M30i	14
Şekil 13. PC	15
Şekil 14. PC-ISO	15
Şekil 15. ULTEM 9085	16
Şekil 16. PolyJet Photopolymers	16
Şekil 17. PolyJet Digital Materyal	17
Şekil 18. Yüksek ısı	18
Şekil 19. Rigid Opaque	18
Şekil 20. Rubber-like	19
Şekil 21. Dental Materyal	20
Şekil 22. Digital ABS	20
Şekil 23. Transparan	21
Şekil 24. Polypropylene-like	21
Şekil 25. Bio-Uyumlu	22
Şekil 26. Stereolithography	26
Şekil 27. Selective Laser Sintering (SLS)	27
Şekil 28. Fised Deposition Modeling	28
Şekil 29. Three Dimensinal Printing (3DP)	28
Şekil 30. The RepRap	29
Şekil 31. MakerBot	30

Şekil 32. Banshee	32
Şekil 33. AMP Suit	32
Şekil 34. Quaritch	33
Şekil 35. Minas Tirith	33
Şekil 36. Helm's Deep	34
Şekil 37. Isengard	34
Şekil 38. Optimus Prime - Bumblebee	35
Şekil 39. Jazz	36
Şekil 40. Optimus Prime	36
Şekil 41. Yaratık	37
Şekil 42. Yaratık	37
Şekil 43. Avcı	38
Şekil 44. Demir Adam	38
Şekil 45. Demir Adam	39
Şekil 46. Demir Adam	39
Şekil 47. T-Rex	40
Şekil 48. Yaratık	40
Şekil 49. Yaratık	41
Şekil 50. Millennium Falcon	41
Şekil 51. Millennium Falcon	42
Şekil 52. Millennium Falcon	42
Şekil 53. U.S.S. Enterprise	43
Şekil 54. Romulan Warbird	43
Şekil 55. Enterprise NX-01	44
Şekil 56. Tron Motorsiklet	44
Şekil 57. Tron Motorsiklet	45
Şekil 58. Tron Motorsiklet	45
Şekil 59. Batman Motorsiklet	46
Şekil 60. Batmobil	46
Şekil 61. Batmobil	47
Şekil 62. Audi RSQ	47
Şekil 63. Uzay Uydusu	48
Şekil 64. Audi RSQ	48
Şekil 65. Misfit Korsan Badosu	49

Şekil 66. Misfit Korsan Bandosu	50
Şekil 67. Misfit Korsan Bandosu	50
Şekil 68. ParaNorman	51
Şekil 69. ParaNorman	51
Şekil 70. ParaNorman	52
Şekil 71. Coraline	52
Şekil 72. Coraline	53
Şekil 73. Coraline	53
Şekil 74. Plan 1	55
Şekil 75. Plan 2	56
Şekil 76. Plan 3	56
Şekil 77. Plan 4	57
Şekil 78. Kafa Tasarımı	57
Şekil 79. Kol tasarımı	58
Şekil 80. Gövde tasarımı	58
Şekil 81. Ayak tasarımı	59
Şekil 82. Silah tasarımı	59
Şekil 83. Komple tasarım	60
Şekil 84. Kaplama hali	60
Şekil 85. 3 Boyutlu çıktı hali	61

## GİRİŞ

Endüstriyel devrimden beri dünya üzerinde çok büyük değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişiklikler sonucunda günümüze kadar birçok yeni teknolojik icat ortaya çıkmıştır. Ancak bunlardan hiçbiri 3 boyutlu yazıcılar kadar çarpıcı bir başarı getirememiştir. 1980'ler ile başlayan bu akım yapılabilecek en büyük icadı ortaya çıkarmıştır. 3 boyutlu yazıcılar; yüksek detaya sahip objeleri, en yüksek kalitede üretebilecek seviyeye gelmişlerdir (Kraftwurx; I. Materialise; Shapeways; Sculpteo, 2012). Bu tasarım ve üretim şeklinin en küçük müşteriye dahi düşük maliyetle indirgenmesi planlanmaktadır (Print me a Stradivarius, 2011). Ayrıca internet faktörü sayesinde üreticiler ve müşteriler arasında iletişim daha kolaylaşmıştır (Kaplan & Haenlein, 2006). E-ticaret<sup>1</sup> yoluyla şirketler 3 boyutlu çıktılarını son kullanıcıya internet üzerinden kolayca ulaştırmaktadır.

3 boyutlu yazıcılar fikir aşamasında sadece bilim kurgu filmlerinde rastlayabileceğimiz, bir görüntüden ibaretti. Öyle ki bu konuya atıfta bulunan insanlar bu fikirleri biraz daha ileri götürerek, şuan için hayal diyebileceğimiz bazı örnekler bizlere sundular; gelecekte bir gün sabahın ilk ışıklarında uyandıktan sonra kahvaltı masasında seni bekleyen leziz tatlar, hepsi mutfakta bulunan yemek yazıcısı sayesinde hızlı ve kusursuz bir şekilde hazır. Sistem o kadar mükemmel işliyor ki, yemek yazıcısı son çıkan her tarife internet üzerinden erişebiliyor, anında ev sakinlerinin sağlıklarını dikkate alarak, az tuzlu, az şekerli bile hazırlayabiliyor.

3 boyutlu yazıcıların icadı, yazıcı teknolojisinde bir devrim niteliği taşımaktadır. Bir objeyi üretebilmek ya da o objenin kopyasını taklit edebilmek ve bunu tek parça olarak oluşturabilmek artık sorun olmaktan çıkmıştır (Lu et al., 2008).

Üç boyutlu yazıcıları bu kadar cazip kılan özellik var olan teknolojilerle yapılması imkânsız ya da olmayan bir şeyi elde edebilme imkânı. Bilgisayarda program aracılığıyla üç boyutlu hale getirilen her türlü eşya ve nesne artık yeni üretilen bir kalıba ihtiyaç duymadan üretiliyor. Nesnelere, plastiği, metali ve diğer maddeleri bir lazer ünitesi kullanarak katmanlar halinde sırayla üretiliyor. Teknoloji avantajları o kadar parlak ki, birçok endüstride etkisi olması kaçınılmaz görünmektedir. Bunlar başlıca; uzay araştırmaları,

---

<sup>1</sup> E-ticaret " İş piyasasında bilgisayar ağlarının kullanılması, ürünlerin satın alımı ve satışı, bilgi teknolojisi üzerine bilgi almak, elektronik ağlar üzerinden sağlanmaktadır (Kaplan & Haenlein, 2006).

savunma, tıp, taşıma, yiyecek, moda endüstrileri gibi... Bu durum kaçınılmaz olarak ülkelerin şehir şeklini etkileyecektir.

Şimdilik bu görüş hayal gibi görünmektedir. Ancak 3 boyutlu yazıcıların ilk ortaya atıldığı yıllarda o da gerçekleşmesi imkânsız gözükken bir icattı. Günümüzde verebileceğimiz en iyi örneklerden bir tanesi; Çocuğunun diş fırçası kaybolan biri, sorununun çözümü için en yakın dükkâna gidip yeni bir tane diş fırçası alabilir ya da hazır bilgisayarında bulunan diş fırçası modellerinden birini seçip, çocuğunun el ve ağız ölçülerine göre sadece ona özel bir diş fırçasını 15 dakikada 3 boyutlu yazıcıdan çıkarıp istediğin ölçüde özel diş fırçasını elde edebilir. İşte bu noktada 3 boyutlu yazıcılar aslında bizim ihtiyaçlarımıza hizmet etmek ve onları mükemmelleştirmek için yapıldığı söylenebilir.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 3 BOYUTLU YAZICILAR

#### 1.1. 3 BOYUTLU YAZICILARIN İCADI

Katkı imalatı ya da diğer adıyla 3 boyutlu çıktı; sanal olarak oluşturulan dijital objelerin 3 boyutlu katı objelere dönüşümünü sağlayan bir işlem birimidir. 3 boyutlu çıktı işlemi, farklı birçok materyalin kullanıldığı, farklı şekillerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. 3 boyutlu çıktı, kendinden önce çıkan benzer nitelikli makinaların yaptığı işlemi dijitalden gerçeğe doğru yapmaktadır. Buna örnek olarak, geleneksel olarak kullanılan tahta ve benzeri materyalleri kesip, şekillendiren makinalar gösterilebilir.

3 boyutlu yazıcı işlemi makinenin içerisinde 2 aşamadan geçmektedir; 1. Doğrudan yazılım sayesinde model bilgisi yazıcıya aktarılmaktadır. 2. Yazıcının kafa yapısı 3 boyutlu hareket ederek ve katmanı üst üste yerleştirerek modeli inşa etmektedir (Lu et al., 2008).

İlk olarak yazıcı işlemi CAD<sup>2</sup> sistemleri üzerinden tasarlanarak başlamaktadır. Daha sonra bilgisayar ortamında ele alınan model dilimlere ayrılmaktadır. Bu dilimler bölüm bölüm oluşturularak 3 boyutlu yazıcının bu katmanları oluşturması sağlanmaktadır (Lu et al., 2008).

3 boyutlu çıktı işlemi genellikle dijital teknolojiye bağlıdır. Bu alanda ilk çalışma 1984 yılında Chuck Hull tarafından 3 boyutlu Sistem şirketi altında yapılmıştır. İlk 3 boyutlu yazıcı yaratıcısı Chuck Hull'dır diyebiliriz. 21'inci yüzyılın başından itibaren bu makineye inanılmaz bir talep olmuştur. Ancak fiyatları yüksek olduğundan bu talepte bir sınırlama görülmektedir. Keza fiyat politikası ise günümüze doğru çok yavaş düşmektedir. Wohlers ortaklık şirketinin yaptığı bir araştırmaya göre, Dünyada 3 boyutlu yazıcı kullanımı ve bu alanda sağlanan faydanın ortalama geliri 2,2 milyar dolar olarak belirlenmiştir. Bir önceki sene 2011 yılına göre 29% bir ilerleme gerçekleşmiştir (Kurman ve Lipson, 2013).

3 boyutlu çıktı teknolojisi, prototipleşme ve üretim dağıtımını adlı iki yapıya sahiptir. 3 boyutlu çıktıları, mimari tasarım, mühendislik, yapı tasarımı (AEC<sup>3</sup>), endüstriyel tasarım,

---

<sup>2</sup> CAD sistemleri "bilgisayar destekli tasarım anlamına gelmektedir." (Britannica Ansiklopedisi, 2011)

<sup>3</sup> AEC; "bir yapının tümünün uygulamalı çizim kurallarına uygun olarak tasarımının, kesitinin, görünüşünün ve görüncesinin çizilmesi işlemi." (Britannica Ansiklopedisi, 2013)



otomotiv alanı, uzay bilimi, askeri alan, sivil mühendislik, dışçılık, sağlık endüstrisi, biotech (insan organlarının değişimi), moda, ayakkabı, mücevher, gözlük, eğitim, coğrafya bilgi sistemleri, yemek ve daha birçok alanda kullanılmaktadır. Son zamanlarda 3 boyutlu çıktı, endüstriyel piyasada çok güçlenmiştir. Bunun asıl nedeni, 3 boyutlu yazıcıların açık kaynaklı olması ve fabrikalardan, ev kullanıcılarına kadar tedarik anlamında inebilmiş olmasıdır.

### **1.1.1. Terminoloji**

3 boyutlu yazıcıların kavram çalışmaları 1980'lerin başında ciddi anlamda başlamıştır. Bu anlamda 3 boyutlu çıktı terminolojisine en çok katkıda bulunan isim şüphesiz, Charles W. Hull dur. İlk kullandığı terminoloji, stereolithography<sup>4</sup>, uzun açılımı ile "system for generating three-dimensional objects by creating a cross-sectional pattern of the object to be formed" 1984 yılında patenti alındığında bu şekilde tanımlanmıştır (Kurman ve Lipson, 2013). Bunun dışında bu terminolojiye değer katan bir diğer özellik ise üretim dağıtımını yani, üretim yaşam döngüsü kısaca hızlı ilk örnek den başlayarak hızlı üretim şekline dönüşebilmesi, bununla birlikte tamamen sipariş üzerine değişebilen bir yapıya sahip olmasıdır.

Dil bilimi üzerinden incelersek 3 boyutlu çıktının yaptığı işlem anlamında kendi ismini tam olarak tanımlayamamaktadır. Etimolojik olarak, çıktı fiili baskılama anlamında kullanılmaktadır (Latin: premere). 3 boyutlu çıktının ismen ilk çıktığı nokta, 2D mürekkep yazıcıların çıkışıyla birlikte olmuştur. Konsept olarak ise 3 boyutlu yazıcılar daha farklı yolları kullanarak, çok değişik sonuçlar vermektedir.

### **1.2.1. Genel Prensipleri**

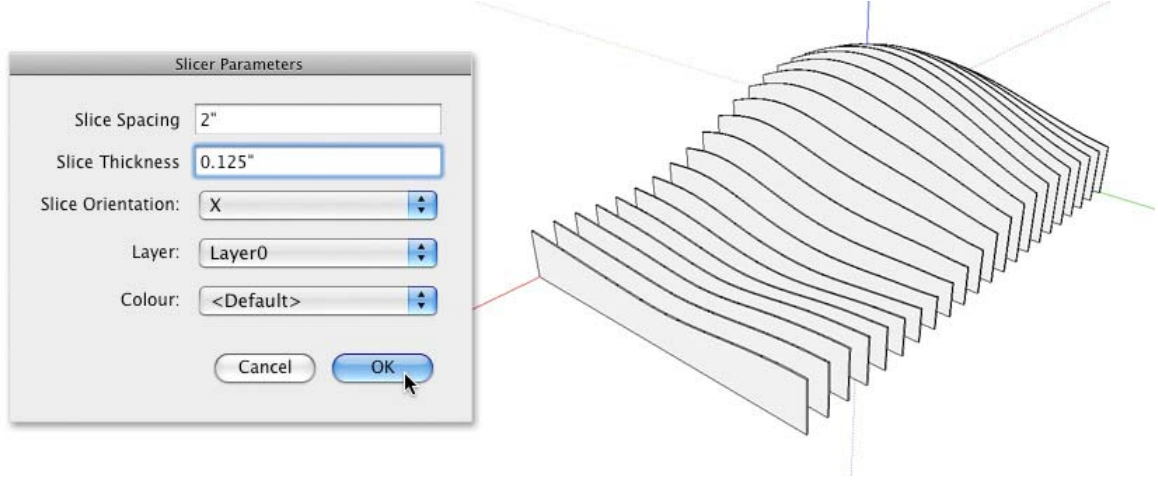
#### **1.2.1.1. Modelleme**

Katı üretim bizi sanal planlara götürecektir, bilgisayar destekli tasarımlarda (CAD) ya da animasyon tabanlı modelleme yazımlarında kullanılan tekniklerden bir tanesi "parçalı" şekilde dijital bir ekranı ayırır gibi, çıktı sürecini de çalışma alanına ve çıkan sonucun kullanım şekline göre ayıracaktır. Kullanılan makinanın tipine, materyale ya da karıştırılan materyallerin seçim ölçeğine göre 3 boyutlu model çıktı olarak çıkarılır. Standart bilgi ara yüzü CAD yazılımlarında farklılık göstermektedir. Kullanılan format şekli ise bu yazılımlarda STL olarak kaydedilmektedir. STL dosyası genel itibarıyla tek bir model parçasından oluşmamakta, yüzeyi üçgenlerle kaplanmaktadır. Yüzey noktasında ne kadar minimal

---

<sup>4</sup> Stereolithography; "matbaacılıkta yıllardan beri iki boyutlu baskılar için kullanılan litografi tekniğinin üç boyuta "stereo aktarılmış şeklidir." (turkcam.com, 2014)

kullanılırsa elde edilen sonuç o kadar yüksek kalitede olur. PLY ise tarama şeklinde oluşturulan bir format şeklidir ve VRML<sup>5</sup> (WRL) 3 boyutlu çıktı teknolojisine katkısı renkli model çıktısı almayı sağlamasıdır (Decker, Dikovitskaya ve Valeria 2013).



Şekil 1: 3 Boyutlu Parça Yöntemi (Kaynak: Ponolo.com, Erişim : 23 Ocak 2014)

### 1.2.1.2. Çıktı İşlemi

Çıktı aşamasına performans getiren, makinenin okuduğu dosyadan elde edilen tasarımın, çıkan sonuç öncesi kullanılacak materyaldeki hassaslığına bağlı kalmasıdır. Bu materyal içerisinde bulunan, sıvı, toz, kapıt ya da benzeri materyalin uygunluğu çok önemlidir. Bu alanlar sonucunda CAD model üzerindeki kesik noktaları birleştirerek otomatik olarak model son aşamaya girecektir. Bu tekniğin amacı her türlü şekle sahip objeyi ve geometrik özelliği yaratabilmektedir.

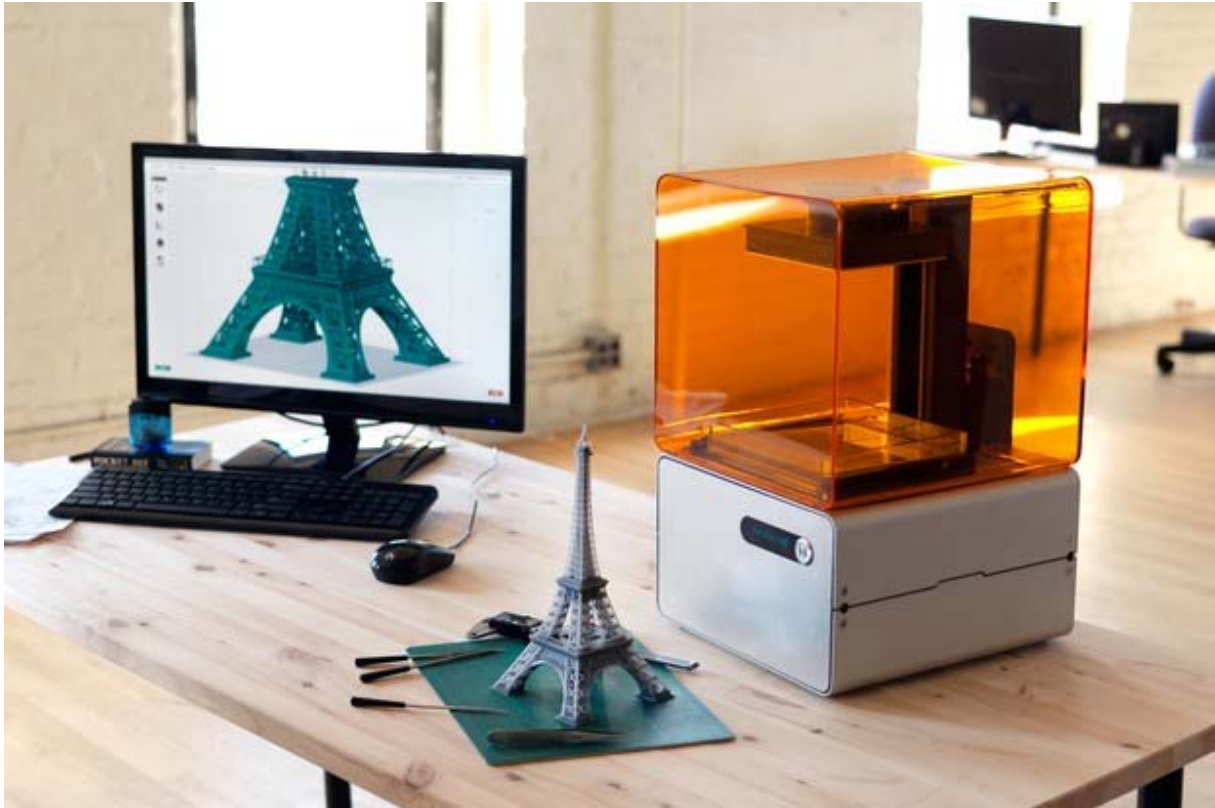
Çıktı çözünürlüğü X-Y değişkenlerinin (dpi<sup>6</sup>) sayısal verilerine bağlıdır. Keza form iç kalınlığı da bu değerlere göre ayarlanabilmektedir. Genel olarak bu değer 10 mikrometre olarak verilmektedir. Ancak bazı makinalarda örneğin, Objet Connex serisinde 3 boyut sistem değerleri 16 mikrometre olarak kullanılmaktadır. X-Y çözünürlüğü diğer yazıcılara göre değişiklik göstermektedir. Parçacık değerleri ise (3 boyut noktalama) 50 ile 100 mikrometre arasında kullanılmaktadır (Decker, Dikovitskaya ve Valeria 2013).

<sup>5</sup> VRML; "3 boyutlu etkileşimli vektör bilgisayar grafiklerini tanımlamak için bir standart dosya biçimidir." (Britannica Ansiklopedisi, 2013)

<sup>6</sup> Dpi; "bir inç karedeki nokta sayısı demektir. Bir inç diye tabir edilen 2,54 cm'lik alanda bulunan nokta sayısına deditir." (ozturkcm.com, 2014)

Modelin yapım aşaması birçok nedene bağlı olarak birkaç saat sürebildiği gibi birkaç günde sürebilmektedir. Yalnız burada önemli olan kıstas, kullanılan yöntem farklılığı, modelin büyüklüğü ve karmaşıklığıdır. Bunlar dışında kullanılan makinenin tipi ve ne kadar çok üretileceği de ayrı bir kıstastır.

Geleneksel teknikte, aynı akıtma döküm gibi, daha az pahalı olmaktadır. Bilhassa polimer üretiminde eğer amaç kaliteli ürün üretimi ise bu sonuç değişiklik gösterecektir. Ancak küçük değerlerde üretim daha hızlı sonuçlanacak, bununla birlikte daha esnek ve daha ucuz bir çıktı elde edilebilecektir. 3 boyutlu yazıcılar bilhassa tasarımcılara ve kavram geliştirici takımlara her zaman üretimde esneklik ve sonsuz bir yaratıcılık sunmaktadırlar.

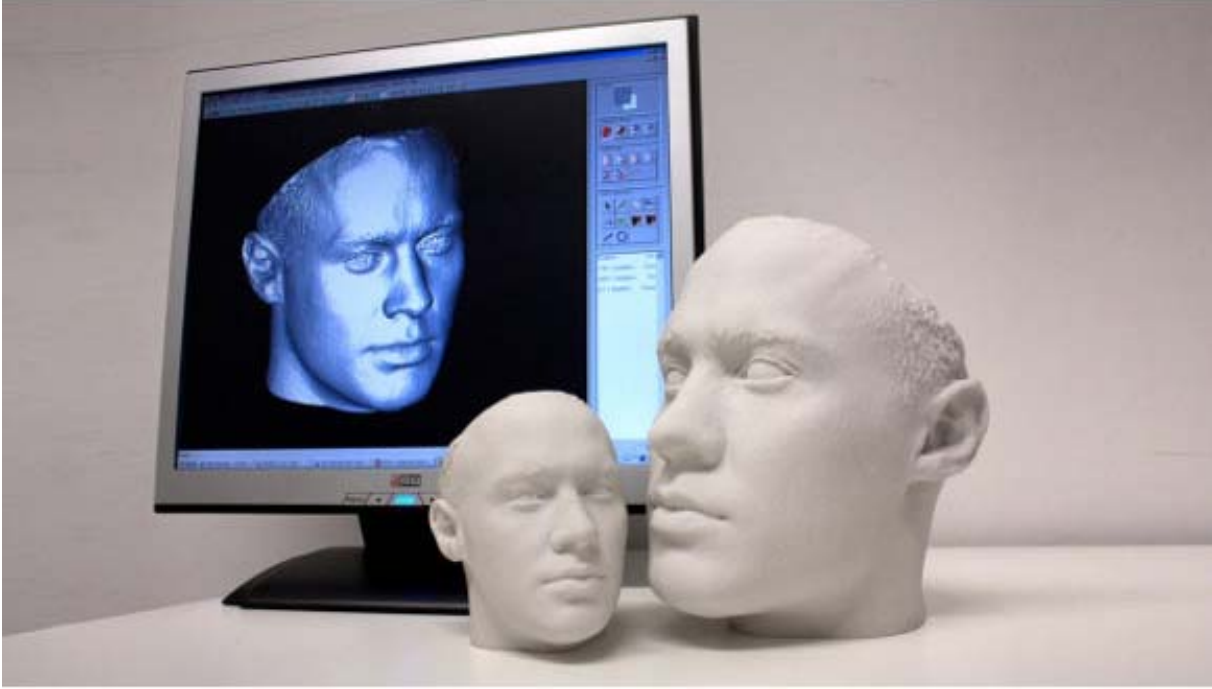


Şekil 2: 3D Printing (Kaynak: Engadget.com, Erişim : 23 Ocak 2014)

### 1.2.1.3. Son aşama

Çıktı aşamasında çözünürlüğün ayarlaması için kullanılacak pek çok yazılım bulunmaktadır. Bitirme aşamasında istenilen sonuca yaklaşabilmek için standart çözünürlüğün üstüne çıkılmalıdır. Elde edilecek sonuç çözünürlüğün yüksek olmasına ve kullanılan materyalin kalitesine bağlıdır. Bazı 3 boyutlu yazıcılar farklı üretim metotlarına ve karışık materyal kullanımına izin vermektedir. Bazıları bunların renkli olarak çıktı alınmasına

imkân sağlarken, diğeri ise tek bir parça çıktı yapmaktan ziyade, kendi içerisinde çalışan objeler de yapabilmektedir.



Şekil 3: Son Aşama (Kaynak: ComputerWeekly.com, Erişim : 23 Ocak 2014)

### 1.3.1. Üretim İşlemleri

1970'den beri çok çeşitli 3 boyutlu çıktı işlemleri keşfedildi. Yazıcılar ilk çıktıklarında büyük, pahalı ve kapasiteleri limitli üretim yapabilmekteydiler. Günümüzde ise daha seri ve sorunsuz bir üretim yapmak mümkündür. Günümüzde farklılaşan üretim şekillerine örnek vermek gerekirse, artık kullanılan materyaller sadece ısı ile birleştirilmemekte, ayrıca eritilip şekilden şekle sokulmaktadır. Buna en güç örnek, Selective Laser Melting (SLM<sup>7</sup>) yöntemidir. Ancak günümüzde benzer birkaç yöntem daha kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla, Direct Metal Laser Sintering (DMLS<sup>8</sup>), Selective Laser Sintering (SLS), Fused Deposition Modeling (FDM) dir. Buna ilaveten sıvı materyal kullananlar, Stereolithography (SLA<sup>9</sup>) ile Laminated Object Manufacturing (LOM<sup>10</sup>) ile daha zayıf parçaların üretimi de

<sup>7</sup> SLM; “seçici lazer eritme yöntemi tozlardan objeler üretmeyi ifade etmektedir.” (kathalepsis.wix.com, 2014)

<sup>8</sup> DMLS; “bu yöntem erimiş metali küçük bir delikten püskürtmek suretiyle katmanlara böler. Metal malzemeler kullanılır. Maliyetleri yüksektir ancak hassas metal parçalar üretilir.” (prototipyap.com, 2013)

<sup>9</sup> SLA; “sıvı haldeki malzeme boş bir haznede durmaktadır ve bir lazer ışını sağlayıcı vasıtasıyla bu malzeme dondurularak katmanlar üretilir.” (prototipyap.com, 2013)

<sup>10</sup> LOM; “tabakaları kesme ve bunları yapıştırma prensibi uygulanır. Her tabaka, yüzeyi altındaki bir yapıştırıcının silindiri tarafından ısıtılarak basılması suretiyle bir önceki tabakaya yapıştırılır. Tabaka takip eden dilim hatlarında bir lazer tarafından kesilir. Parçanın yapılması ile ortaya çıkan fazla malzemelerin ayrılması için, sıvı temelli (SLA işlemi) tersini yapar, iç kısımlar taranır. Tabakanın kalınlığı sabit değildir. Bir sezgi elemanı ile gerçek tabaka kalınlığı ölçülür ve model buna göre dilimlenir.” (cadcamsektoru.com, 2008)

sağlanmaktadır. Her metodun kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır (Barnatt, 2013). Bu metodun seçimi ve kullanılacak materyalin özelliği şirketler tarafından belirlenmektedir. Örneğin bazı şirketler toz ve polimer karışımını sıkça kullanmaktadır.

Seçilen makinanın genel olarak hızı, üretim maliyeti, üretilen objenin ileriye dönük getirisi, seçilen materyalin maliyeti ile boyalı veya boyasız çıktının şirket üzerindeki yükü çok önemlidir. Yazıcılar daha ziyade metal materyaller ile çalışmaktadır, ancak bunların maliyeti çok yüksektir. Bu nedenle maliyeti daha ucuza getirebilmek için, metal materyalden ziyade, metal kalıp üretimi yapılmaktadır.



**Şekil 4: 3 Boyutlu Yazıcı Materyalleri (Kaynak: 3D-Printing.com, Erişim : 23 Ocak 2014)**

Üretim şekillerinin nasıl olacağı, nelerin kullanılacağı 1990'ların başında şekillenmişti. Üretim şekillerinin çeşitliliği kendisiyle birlikte metod farklılıklarını ve kullanılan makina tiplerini de şekillendirdi. Aşağıdaki tablolarda makinaların metod farklılıkları ve materyal çeşitleri tasvir edilmiştir.

#### **1.4.1. Materyal**

İki tür ana materyal çeşidi bulunmaktadır. Bunlar kendi aralarında farklı kullanımlara yönelik olarak ayrılmaktadırlar.

### 1.4.1.1. FDM Thermoplastics

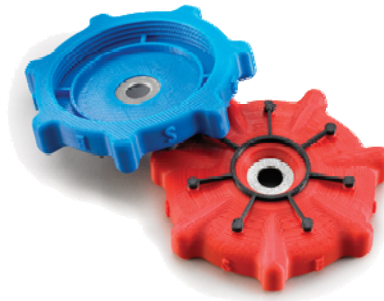
Fused Deposition Modelleme (FDM<sup>11</sup>), teknolojisi termoplastik karıştırılarak kullanılmaktadır. Bu sayede daha sağlam, daha doğru, tekrar tekrar üretilebilen çıktılar elde etmek mümkündür. Bu alanda 10 farklı FDM kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla;



Şekil 5: FDM Thermoplastics (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 23 Ocak 2014)

#### 1.4.1.1.1. ABS plus

ABS plus, çok geniş bir renk seçeneği sunmaktadır. Bunlar fildişi, beyaz, koyu gri, kırmızı, mavi, zeytinyağı yeşili, şeftali, floresan sarısıdır. Bu malzemenin kullanımı objede mekanik olarak sağlamlık, uzun süre dayanıklılık getirmektedir. ABS plus, çözünür materyal yapısına sahip olduğu için karışık ve karmaşık şekillerin oluşturulmasında kesin çözüm sunmaktadır. Uyumlu olduğu makinalar; Idea Serisi 3 boyutlu yazıcılar, Fortus 3 boyutlu üretim sistemleridir (Kelly, 2013).



Şekil 6: ABS Plus (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 23 Ocak 2014)

---

<sup>11</sup> FDM; "İf halinde termoplastik malzemeler eritilerek oluşturulan tabakanın aniden soğutulup bir önceki tabakaya yapıştırılması esasına dayanan bir sistemdir. Bu teknik Scott Crump tarafından bulunmuştur." (cadcamsektoru.com, 2008)

#### 1.4.1.1.2. ABS-M30

ABS-M30, güçlü mekanik özellikleri sayesinde, kavram tasarımlar, fonksiyonel ilk örnek çalışmalar, üretim araçları, son kullanıcı ürünleri üretmek çok kolaydır. Bu nedenle her türlü parçanın üretiminde rahatlıkla kullanılabilir. Renk çeşidi kısıtlıdır. Bunlar; beyaz, koyu gri, kırmızı ve mavidir (Kelly, 2013).



Şekil 7: ABS-M30 (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 23 Ocak 2014)

#### 1.4.1.1.3. ABS-ESD7

ABS-ESD7; daha çok elektronik parçaların statik elektrikten etkilenmemesi için, kullanılan elektronik parçaların performansını artırmak, bu parçaların aşırı ısınmadan patlamalarını önlemek için kullanılmaktadır. Genellikle mühendisler ve tasarımcılar bu model materyali kullanmaktadır. Fonksiyonel ilk örnek modelleri bu alanda en büyük pay sahibidir. Günümüzde kullanım alanları teknolojinin gelişmesi ile birlikte doğru orantılı olarak artış göstermektedir. Fortus modellerinde 400mc, Spec modellerinde ise 900mc olarak incelik ve kalınlık değerleri kullanılmaktadır (Kelly, 2013). Plastik kısımların zamanla, toz ve suyla aşınması anlamında dezavantajlar taşımaktadır.



Şekil 8: ABS-ESD7 (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 23 Ocak 2014)

#### 1.4.1.1.4. PC-ABS

Bu materyalin en büyük iki özelliği dayanıklılık ve ısıya karşı gösterdiği kuvvetli dirençtir. Kullanım alanı genellikle pc parçalarında yaygındır. Endüstriyel donanım üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Kelly, 2013).



Şekil 9: PC-ABS (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.1.5. PPSF/PPSU

Kullanım amaçları; performans artırıcı, ateşe karşılık dayanıklılıktır. Kimyasal tepkimesi çok yüksek olduğundan tercih edilmektedir (Kelly, 2013). Kullanım alanları ise; otomotiv sanayi, arınık tıbbi araçlar, ev içi kullanımı şeklindedir.



Şekil 10: PPSF/PPSU (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 24 Ocak 2014)



#### 1.4.1.1.6. ABSi

ABSi; materyal olarak sadece kehribar, kırmızı ve doğa rengini içermektedir. Işığın geçişine izin veren bir materyal olduğundan otomotiv tasarımında kullanılmaktadır. Ayrıca şeffaflığından dolayı sıvı hareketini görmemizi sağladığından bilhassa tıbbi araçların üretiminde de kullanılmaktadır (Kelly, 2013).



Şekil 11: ABSi (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 24 Ocak 2014)

#### 1.4.1.1.7. ABS-M30i

ABS-M30i; kullanım alanı olarak, tıbbi araçlar, ilaç ve yemek paketleri, ameliyat aletleri, ev içi araçlar için kullanılmaktadır (Kelly, 2013).



Şekil 12: ABS-M30i (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 24 Ocak 2014)

#### 1.4.1.1.8. PC

Polikarbonat parçaları ve otomotiv alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Mühendisler ve tasarımcılar tarafından tercih edilmektedir. Sağladığı en büyük faydalar; materyalin sahip olduğu inanılmaz esneklik ve kullanım alanının genişliğidir (Kelly, 2013).



Şekil 13: PC (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 24 Ocak 2014)

#### 1.4.1.1.9. PC-ISO

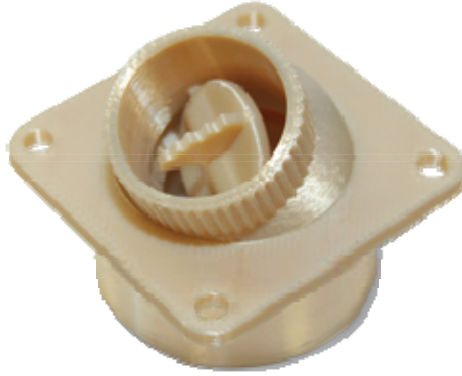
PC-ISO; kullanım alanı olarak, biyouyumlu tıbbi araçlar, ilaç ve yemek paketleri üretiminde ayrıca, sıcaklığa karşı dayanıklılığından ötürü ameliyat aletlerinde kullanılmaktadır. En büyük özelliği kırılmaz yapısıdır (Kelly, 2013).



Şekil 14: PC-ISO (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 24 Ocak 2014)

#### 1.4.1.1.10. ULTEM 9085

ULTEM 9085; şuana kadar incelediğimiz materyaller arasında en iyisidir. Dayanıklılık konusunda çok ciddi bir üne sahiptir. Her türlü mekanik ve kimyasal araç, ürün tasarımında kullanılmaktadır (Kelly, 2013).



Şekil 15: ULTEM 9085 (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 24 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2. PolyJet Photopolymers

PolyJet photopolymers; şaşırtıcı detaylara ulaşmanızı sağlayan bir diğer ana materyaldir. Gerçekçilik anlamında hiçbir materyal benzer bir etkiyi yaratamaz. Kusursuz tasarımlar yaratmak, inanılmaz esnek ve çoklu materyal özelliği ile bu alanda rakipsizdir (Kelly, 2013).



Şekil 16: PolyJet Photopolymers (Kaynak: Stratasys.com, 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.1. PolyJet Digital Materyal

Polyjet; çift kat materyal yapısına sahiptir. Object Connex 3 boyutlu yazıcılar 100 katmanlı obje tasarımı yapabilmektedir. Dijital materyal çeşitliliği olarak sayısız renge sahiptir. Bu materyal kullanımı ile gerçekten güçlü tasarımlara hayat vermek, doğru ve orantılı tasarımlar yapmak kolaylaşmaktadır (Kelly, 2013).



Şekil 17: PolyJet Digital Materyal (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.2. Yüksek Isı

Yüksek ısı; sığağa karşı dayanıklı materyal olarak standart plastiklerden daha dayanıklı olarak üretilmektedir. Termal parçaların üretiminde kullanılır. Kullanım olarak tercih edilmesindeki faktörler;

- Termal parçaların testinde sağladığı faydalar.
- Mükemmel yüze sahip olması.
- Işığa karşı kuvvetli direnç gösterme.
- Boyama, metalizasyon olarak her türlü koşula uyum sağlaması.
- Model olarak her türlü katmanı desteklemeksi.
- Ev içi kullanıma uygun araçların yapımında kolaylık göstermesi.
- Sıcak su ve sıcak havaya karşı gösterdiği kuvvetli direnç şeklinde sayılabilir (Evans, 2012).



Şekil 18: Yüksek Isı (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.3. Rigid Opaque

Stabilizasyon anlamında ve yüksek detaylı sunumlarda tercih edilen bir materyal çeşididir. Rigid Opaque kullanım olarak 4 ayrı şekli vardır (Evans, 2012). Bunlar;

- Rigid Opaque beyaz materyal (VeroWhitePlus RGD835)
- Rigid Opaque gri materyal (VeroGray RGD 850)
- Rigid Opaque mavi materyal (VeroBlue RGD840)
- Rigid Opaque siyah materyaldir. (VeroBlackPlus RGD875)



Şekil 19: Rigid Opaque (Kaynak: Stratasys.com, 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.4. Rubber-like

Rubber-like; malzeme olarak polyjet photopolymers gibi her türlü elastik yapıya dönüştürülebilmektedir. En güçlü yanı ise bu elastiklik anlamında sağladığı dayanıklılık ve renk çeşitliliğidir. Kullanım alanı olarak çok geniş bir yelpazesi vardır. Bunlar ayakkabıdan lastik üretimine kadar gitmektedir. 4 farklı çeşidi vardır (Bassoli v.d. 2007). Bunlar;

- Rubber-like gri (TangoGray FLX950)
- Rubber-like siyah (TangoBlack FLX973)
- Rubber-like kehribar (TangoPlus FLX930)
- Rubber-like modern siyahdır. (TangoBlackPlus FLX980)



Şekil 20: Rubber-like (Kaynak: Stratasy.com, Erişim : 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.5. Diş Materyali

Diş materyali; bilhassa dijital dişçilik ve ortodontik uygulamalar için kullanılmaktadır. Şeffaf kısımları sayesinde görüntü açısından da elverişli bir kullanıma sahiptir. Sağlık ve elastiklik anlamında ortalamanın üzerinde değerlere sahiptir (Curodeau, Sachs ve Caldarise, 2000).



Şekil 21: Diş Materyali (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.6. Digital ABS

Sadece Objet Connex 3 boyutlu yazıcılarda kullanılmaktadır. En büyük özelliği realisttik, görüntü anlamında şık tasarımlar yapmayı elverişli hale getirmektedir. Malzeme olarak sert ve sıcaklığa karşı çok dayanıklıdır. Kullanım alanları sırasıyla şunlardır;

- Fonksiyonel parçaların üretiminde,
- Kalıp üretiminde,
- Düşük ve yüksek sıcaklığa dayanıklı parçaların üretiminde,
- Elektronik parçalarda, mobil telefon dış kasalarının üretiminde,
- Motor parçaları ve kapaklarının üretiminde.



Şekil 22: Digital ABS (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.7. Transparan

Yüksek standartta getirdiği dayanıklılık ve yüzeyinde getirdiği yumuşaklık onu bu alanda eşsiz yapmaktadır. Kullanım alanları; gözlük ve bardak imalatından tıbbi araçların malzeme üretimine kadar gitmektedir. Bunun dışında yaygın olmayan kullanım alanları;

- Şeffaf araçların üretiminde,
- Sıvı akışını test eden araçların üretiminde,
- Cansız renklerin oluşturulmasında,

- Artistik yapıların üretiminde.



Şekil 23: Transparan (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.8. Polypropylene-like

Polypropylene materyal; çok sert, yüksek oranda esnek, uzun ömürlü bir maddedir. Daha çok ürün paketlerinde ve sert plastik parçaların üretiminde kullanılır (Sachs, 2001).



Şekil 24: Polypropylene-like (Kaynak: Stratasys, Erişim : 25 Ocak 2014)

#### 1.4.1.2.9. Bio-Uyumlu

Bio-uyumlu materyal; daha çok tıbbi, dişçi ürünlerinde, ortopedik ve kulak araçlarında kullanılmaktadır. En büyük özelliği ise mükemmel tasarımı ve aşırı sağlamlığı ile ön plana çıkmaktadır.





Şekil 25: Bio-Uyumlu (Kaynak: Stratasys.com, Erişim : 25 Ocak 2014)

### 1.5.1. Ekstrüzyon Birikimi

Fused Deposition Modelleme (FDM), S.Scott Crump tarafından 1980'lerin sonunda oluşturulmuştur. Daha sonra 1990'ların başında ise Stratasys tarafından ticari bir hal almıştır. Bu oluşum ile birlikte 3 boyutlu yazıcıların fiyat politikasında keskin düşüşler meydana gelmiştir. Fused deposition modellemede; daha çok plastik filaman ve metal parçalar kullanılmaktaydı. Bilhassa yüksek ısıda eriyen materyal dikey ve yatay olarak ana yatağa erişim sağlamaktaydı. İçerdiği materyal olarak benzerlik taşıdığı diğer materyaller; acrylonitrile butadiene styrene (ABS), polycarbonate (PC), polylactic acid (PLA), yüksek dayanıklı polyethylene (HDPE) ve polyphenylsulfone (PPSU). En büyük eksik yanı binalarda kullanılabilecek kadar sağlam olmamasıdır (Curodeau, Sachs ve Caldarise, 2000).

### 1.6.1. Taneli Malzemeleri İşleme

Selective Laser Sintering (SLS), Dr. Carl Deckard ve Dr. Joseph Beaman tarafından Texas üniversitesinde 1980'lerin ortasında geliştirilmiştir. Benzer bir girişim 1979'da R.F. Housholder tarafından denenmiş ama başarılı olunamamıştır. Selective Laser Melting (SLM), toz granül içermemektedir ancak yüksek sağlamlığa ulaşabilmesi için materyalin toz granüle ihtiyacı vardır, bilhassa bu sorun mekanik parçaların oluşumunda büyük sıkıntı getirmektedir. Electron beam melting (EBM<sup>12</sup>) için böyle bir sorun bulunmamaktadır, çünkü karışım olarak metal parçaların içerisine titanyum karışımı eklenmektedir. EBM, üreticileri eritilmiş metal tozlarını daha verimli kullanabilmek için yüksek vakumlu makineler kullanmaktadırlar (Budmen, 2013).

<sup>12</sup> EBM; "elektron ışılı eritme, toz halindeki metalleri ısıtarak eritme ve birleştirme prensibine dayanmaktadır." (cadcamsektoru.com, 2008)

### **1.7.1. Laminasyon**

Bazı 3 boyutlu yazıcılar, kâğıt materyali kullanmaktadır. Objeyi üretirken, bu da bilhassa düşük maliyeti beraberinde getirmektedir. 1990'ların başında bazı şirketler bu alanda devrim niteliğinde atılımlar yapmak için karbondioksit lazerler kullanmaya başlamışlardır. 2005 yılında Mcor teknoloji şirketi, sıradan kâğıtları kullanarak olabilecek en düşük maliyetle obje üretimini başarmışlardır (Evans, 2012).

### **1.8.1. Fotopolimerizasyon**

Chuck Hull; 1987 yılında Stereolithography'nin patentini almıştır. Fotopolimerizasyon, bilhassa Stereolithography'de kullanılmaktadır. Buradaki asıl amaç sıvı materyalin katılaşma işlemine geçişini sağlamaktır. Bu metodun ilk kullanımını 1960 yılında Francois Willieme (1830-1905) yapmıştır. Digital Light Processing (DLP<sup>13</sup>); sıvı polimerin doğru koşullarda saklanması el veren hammaddenin kullanımına katkı sağlamaktadır. Bu etkinin en büyük avantajı sıvı polimerin sertleşmesini sağlamaktadır. Mürekkep püskürtmeli yazıcı sistemleri Objekt PolyJet gibi, siprey fotopolimer materyalin işlem sırasında inilebilecek en ince seviyeye getirebilmektedir. Jel benzeri bu alışımla, oluşturulan materyalin geometrik olarak aşırı detaylı olmasını sağlamaktadır. 3 boyutlu mikro fabrikasyon tekniğinde kullanılan multifoton fotopolimerizasyon sayesinde, 3 boyutlu objeler hem maliyeti düşük üretim yapabilmeyi sağlamakta ayrıca karmaşık yapıları ve birbirine geçen parçaları yapılabılır kılmaktadır (Barnatt, 2013).

## **1.2. 3 Boyutlu Yazıcıların Geçirdiği Evrim**

### **1.2.1. 3 Boyutlu Yazıcıların Kullanım Alanları**

#### **1.2.1.1. Endüstriyel Kullanım**

Ekim 2012 itibariyle, Stratasys, Amerikan ve İsrail sermayeli şirket, 2000\$ ile 500.000\$ arası 3 boyutlu yazıcılar satmaktadır. Bunun en büyük örneği, General Electric'in; türbinleri inşa ederken en son teknoloji 3 boyutlu yazıcılar kullanmalarıdır. General Electric'in; bu alana yaptığı yatırım 1 milyar doları bulmaktadır (Hausman, 2013).

---

<sup>13</sup> DLP; "bu sistemde lamba ışığı, üzerinde kırmızı, yeşil ve mavi renk bulunan dönen bir çark içinden geçerek DMD chip'te oluşan renkli görüntü sinyalini objektiften perdeye yansıtarak çalışmaktadır." (barkom.com, 2013)

#### **1.2.1.1.1. Seri Prototipleme**

Endüstriyel 3 boyutlu yazıcılar 1980'li yılların başlarında ortaya çıkmıştır. Başlangıçta sadece ticari şirketler ve üniversitelerin elinde bulunmaktaydı. O zamandan bu zamana asıl amaçları; hızlı prototipleme ve araştırma alanına katkı yapmaktır. Genel olarak devasa boyutlardadırlar, üretim materyali olarak toz metal, plastik, kâğıt kullanılmaktadır.

#### **1.2.1.1.2. Seri Üretim**

Bu yöntemin, bilhassa küçük parçalar halinde yapılanların en büyük avantajı üretimin pahalı olmamasıdır. Ne yazık ki bu yöntem daha kendini endüstri alanında ispatlamamış gözükmektedir. Bu alanda en büyük yenilik olarak lazer sintering (LS) gösterilmektedir. Ancak bu tekniğin hala bebeklik döneminde olduğu düşünülmektedir.

#### **1.2.1.1.3. Kütle Özelleştirme**

Bu yöntemi bilhassa şirketler verdikleri hizmetin kullanıcı tarafından esnek olarak değiştirilebilmesi ve bunun yazılımsal olarak uygunluğu açısından getirileri sebebiyle kullanmaktadırlar. Örneğin; müşteri kendi cep telefonu için kendine özel kılıf üretebilmektedir. Benzer bir yöntemi yakın zamanda Nokia yapmıştır.

#### **1.2.1.1.4. Kütle Halinde Üretim**

Şuan kullanılmakta olan 3 boyutlu yazıcıların hızı yavaştır, bilhassa seri üretim konusunda. Bu sorunu aşmak için firmalar çoklu kafa ve farklı materyaller kullanmışlardır. Üretim hızını artırabilmek için, seri makinalar satın alınıp onları tek bir merkezden kontrol edilir hale getirilmişlerdir, ancak bu da firmalara yüksek maliyet yüklemektedir. Son çıkan yazıcılarda örneğin çift kafa bulunmaktadır. Yalnız bunların çoklu kullanımında getireceği avantajlar ve dezavantajlar henüz bilinmemektedir (Hausman, 2013).

#### **1.2.1.1.5. Yerel ve Hobi Kullanımı**

2012 yılında yerel 3 boyutlu yazıcı kullanımı çok fazla yaygın değildi. Kullananların çoğu dişli parçaları, kapı tokmakları vs. gibi, küçük parçalar şeklinde çıktı yapmaktaydı. 2013 yılında ise 3 boyutlu yazıcılar hayvanlara yardım amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin; bir ayağı olmayan ördeğe takma ayak yapılmış ve ördek tekrar yürümeye başlamıştır. Bunun dışında bu yıl içerisinde kullanımına örnek nesnelere kolye, yüzük ve çantalar girmiştir.

### **1.2.1.1.6. Kıyafet Tasarımı**

3 boyutlu çıktı akımı her şeyde olduğu gibi moda dünyasına da sıçramıştır. Bunun en büyük örneği tasarımcılar, bikini, ayakkabı ve kıyafetlerini bu makinalardan çıkarmaktadırlar. Bunun ticari olarak ilk örneğini Nike 2012 yılında yapmıştır. Vapor laser talon marka futbol ayakkabısını, amerikan futbolcularına özel çıkarmıştır.

### **1.2.1.2. Tüketici Kullanımı**

Birçok şirket ve proje ev içi kullanım için bir 3 boyutlu yazıcı yapmak için uğraşmaktadır. Bunlardan en çok bilinen proje ise RepRap adı altında geliştirilmiştir. RepRap projesinin amacı 3 boyutlu yazıcılar için ücretsiz bir yazılım yapmaktır (FOSS<sup>14</sup>). General Public License (GNU<sup>15</sup>), lisansı altında yazılan bu yazılım, ev içi üretime imkân veren özellikler taşımaktaydı. 3 boyutlu yazıcıların fiyatları 2010 yılında hızlı bir düşüş yaşamıştır. Makinelerin genel fiyatları 20.000 dolardan, 1000 dolara gerilemiştir. Bazı firmalar bu fiyatın da altına çekmeye çalışmaktadır. Şu an firmaların üzerinde çalıştığı proje sayesinde çikolatadan dolgu macununa kadar her türlü materyal üretimi sağlanabilecektir. Benzer atılımlar Kickstarter üzerinde de yapılmaktadır. Yeni yapılmaya çalışılan 3 boyutlu yazıcılar ile şu alanlara fayda getirilmek istenmektedir; Tasarımı görselleştirme, CAD çalışmaları, mimari tasarım, eğitim, coğrafya, sağlık ve eğlence endüstrisi (Hausman, 2013).

## **1.3. 3 Boyutlu Yazıcı Türleri**

### **1.3.1. Stereolithography**

3 boyutlu çıktının çıkış noktası ve atası olarak Stereolithography (SLA) cihazını örnek gösterebiliriz. 1984 yılında Charles Hull tarafından icat edilmiştir. Yaygın metot kullanılan lazer sayesinde eritilen materyalin istenen şekle sokulmasıyla obje elde edilmektedir. 1986 yılında çalışma prensibi açısından değişikliğe uğramıştır. Bu makinanın üretimi genel anlamda ilk örnek çalışmanın dışında çıkamamıştır. Birkaç firma üretimde bulunmuştur ama onlarda 1988 yılında geliştirmeye yönelik çalışmaları durdurmuşlardır (Curodeau, Sachs ve Caldarise, 2000). Ancak bu yıllarda elde edilen başarı günümüz teknolojilerinin gelişim sürecini temel aldığımızda yetersiz gözükmektedir. O yıllarda bu tarz bir icadın gerçekleşmesi fütüristtik bir düşünceden öteye gidememiştir.

---

<sup>14</sup> FOSS; “ücretsiz ve açık kaynak kodlu yazılım anlamına gelmektedir.” (Britannica Ansiklopedisi, 2013)

<sup>15</sup> GNU; “genel kamu lisansı.” (Britannica Ansiklopedisi, 2013)



Şekil 26: Stereolithography (Kaynak: Pitonengineering.com, Erişim : 1 Mart 2014)

### 1.3.2. Selective Laser Sintering (SLS)

Selective Laser Sintering (SLS), B.F. Goodrich tarafından 1987 yılında geliştirilmiş ve üretilmeye başlanmıştır. İşlem kısaca, lazer tarafından eritilen özel tozun istenilen objeye dönüştürülmesini sağlamaktadır. İlk gelişmiş makina ise 1992 yılında üretilmiştir (France, 2013).



Şekil 27: Selective Laser Sintering (SLS) (Kaynak: 3ders.org, Erişim : 1 Mart 2014)

### 1.3.3. Fused Deposition Modelling (FDM)

Fused Deposition Modelling (FDM), kullanım şekli, aynı yapışkan tabancası gibi bir işleme benzer şekilde erittiği materyali yapııştırarak ve erime noktasında materyalin genişlemesinden istifade ederek yapışkan bir şekilde istenen objeye dönüştürmektedir. Bu sistemin başında Scott Crump bulunmuştur. Stratasys firması daha sonra bu makinenin patentini almış ve 1992 yılında piyasaya ilk makinasının üretimini yapmıştır (France, 2013).



**Şekil 28: Fused Deposition Modelling (Kaynak: Squidoo.com, Erişim : 1 Mart 2014)**

#### **1.3.4. Three Dimensional Printing (3DP)**

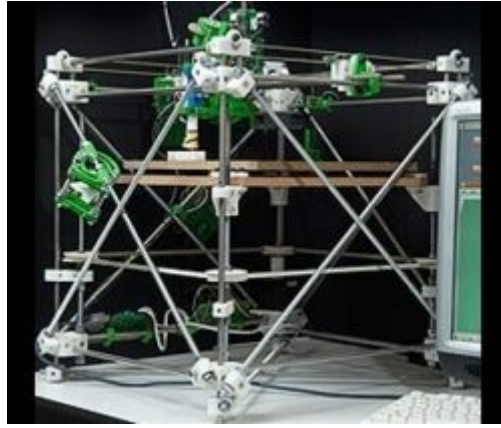
Massachusetts teknoloji enstitüsü, yeni nesil bir üretim şekli keşfetmiştir. 1993 yılında Three Dimensional Printing (3PD) metodunun patenti alınmıştır. Daha sonra bu lisans Z şirketi tarafından alınmıştır. 1996 yılında ise Z402 adıyla ilk model üretilmiştir (France, 2013). Kullanılan metot standart mürekkep yazıcıların çalışma prensibine benzemektedir, tek fark artık 2 boyut değil 3 boyut üretim yapılmasıdır.



**Şekil 29: Three Dimensional Printing (3DP) (Kaynak: Squidoo.com, Erişim : 1 Mart 2014)**

### 1.3.5. Self-Replicating 3 Boyutlu Yazıcılar

1996 yılında 3 boyutlu yazıcılar piyasaya damgasını vurmaya başlamıştır. 3 boyutlu yazıcı ifadesi ise bu zamanlarda etkin olarak kullanılmaya başlanmıştır. Birkaç ucuz modelin üretilmesinden sonra 2000 yılların başında 3 boyutlu çıktı sadece endüstriyel firmaların tekelinde kullanılmıştır. 2006 yılından sonra RepRap modeli ortaya çıkmıştır. 2008 yılından sonra RepRap piyasaya hâkim konuma gelmiştir. Çünkü parçalarının en az yüzde 50'si çok rahat bir şekilde elektronik mağazalarında bulunmaktaydı. Bu sayede yedek parça maliyeti ciddi oranda düşmüştür. Ayrıca RepRap açık kaynak kodlu bir projedir, çünkü bu makineyle kullanılan tüm yazılımlar ücretsiz lisansa sahiptir.



Şekil 30: The RepRap (Kaynak: Squidoo.com, Erişim : 1 Mart 2014)

### 1.3.6. MakerBot

Son 1 yıldır 3 boyutlu yazıcı piyasasında ciddi gelişmeler yaşanmıştır. Artık son çıkan makineler ile her türlü parça üretmek mümkün hale gelmiştir. MakerBot, 2012 yılında piyasaya giriş yapmıştır. Açık kaynak kodlu yazılım desteği bulunmaktadır. En önemlisi de ev kullanımı için üretilmiştir. İnternet ortamında bu alana en çok fayda sağlayan firmalar, Thingiverse ve Shapeways'dir (Hausman, 2013).



Şekil 31: MakerBot (Kaynak: Squidoo.com, Erişim : 1 Mart 2014)

## İKİNCİ BÖLÜM

### 3 BOYUTLU YAZICILARIN SİNEMADA KULLANIMI

#### 2.1. 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılarak Yapılan Kurmaca Filmler

Modern sinemada, bilgisayar tarafından oluşturulan imgelerin ve çalışmaların günümüzde çok fazla önemi bulunmaktadır. Örneğin yüzlerce Orc'un savaştığı bir meydanı ya da Transformers'ların yok ettiği bir şehri canlandırması, dünya üzerinde kurgulanan kıyamet senaryolarının uygulanabilir olması, bilgisayar teknolojisinin sinemadaki gücünü göstermektedir. Teknolojide yaşanan son gelişmelerden sonra bilhassa 3 boyutlu yazıcıların uygulanabilirliği, Hollywood sinemasının dikkatinden kaçmamıştır. 3 boyutlu yazıcıların filmlerde kullanımı üç şekilde olmaktadır. Bunlar; çevre tasarımı, karakter tasarımı ve araç tasarımıdır.

#### 2.1.1. Mekân Tasarımı İçin 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Filmler

##### 2.1.1.1. Avatar

1994 yılında, yönetmen James Cameron 80 sayfalık Avatar senaryosunu yazdı. Konsept olarak temel aldığı çizimler ve mekânlar, çocukluğundan beri okuduğu çizgi romanlardı. Cameron, Titanic filmini tamamladıktan sonra, Avatar'ı çekebileceğini düşündü. O zamanki teknolojiyi kullanarak, sentetik bir dünya ve bilgisayar tarafından oluşturulan aktörler ile bu filmi çekmeye karar verdi. Proje boyutu yaklaşık 100 milyon dolara mal olmaktaydı. Başoyuncu olarak en az 6 aktöre ihtiyacı vardı. Tabii ki bunlar gerçek hayatta olmayan diğer sanal karakterler ile desteklenecekti. Özel efektleri için Digital Domain firması ile anlaşıldı. Projeye 1997 yazında başlanacak ve 1999'da piyasaya sürülecekti. Ancak Cameron, kafasında oluşturduğu dünyayı oluşturabilecek bir teknolojiyle o dönem tanışmadı. Bu nedenle projesini birkaç yıl ertelemek zorunda kaldı. 2006 yılının şubat ayından sonra filmi çekmeye tekrar koyuldu, bu dönem Gollum, King Kong ve Davy Jones gibi filmlerin bilgisayar desteği ile çıkarıldığı bir dönemdi (Budmen, 2013).

3 boyutlu çıktı aşamasında Avatar filmi bir milattır diyebiliriz. Avatar ile birlikte oluşturulan 3 boyutlu çıktı kavramı artık filmlerin olmazsa olmaz donanımlarından biri haline geldi. Avatar filmi boyunca birçok kez 3 boyutlu çıktı yapılmıştır. Bunlardan en çarpıcı olanları mekânlar için yapılan modellerdir. Daha sonra karakter tasarımlarında 3 boyutlu çıktı teknolojisinden faydalanmışlardır.





Şekil 32: Banshee (Kaynak: arttalk.com, Erişim : 5 Mart 2014)



Şekil 33: AMP Suit (Kaynak: arttalk.com, Erişim : 5 Mart 2014)



Şekil 34: Quaritch (Kaynak: arttalk.com, Erişim : 5 Mart 2014)

#### 2.1.1.2. Yüzüklerin Efendisi

Yüzüklerin efendisi serisinde yaklaşık 300'e yakın 3 boyutlu çıktı yapılmıştır. Ayrıca 72 tane büyük minyatür şehir ve mekân tasarımı 3 boyutlu çıktı olarak çıkarılmış ve filmde kullanılmıştır. Örneğin Helm's Deep tasarımı 1,4 ölçek boyutunda yapılmıştır. Buna ek olarak Khazad-dum ve Osgiliath'da filmdeki en büyük mekân tasarımıdır. Bu çalışmaların oluşturulması ve çıkarılması yaklaşık 1000 gün sürmüştür. Karakter tasarımlarında ise Trolls, Balrog, Ents, Fell Beasts, Wargs, Mumakit ve Shelob 1.10 ölçek boyutunda tasarlanmış, çıktı yapılmıştır (Barnatt, 2013).



Şekil 35: Minas Tirith (Kaynak: xcitefun.com, Erişim : 5 Mart 2014)



Şekil 36: Helm's Deep (Kaynak: dailymail.com, Erişim : 5 Mart 2014)



Şekil 37: Isengard (Kaynak: sunwardhobbies.com, Erişim : 5 Mart 2014)

## 2.1.2. Karakter Tasarımı için 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Filmler

### 2.1.2.1. Transformers

Transformers, 2007 yılında Micheal Bay tarafından çekilmiş bir bilim kurgu filmidir. Bay çekimlerin başında filmin bilgisayar tabanlı teknolojiler konusunda yeterli olup olmadığı aşamasında kararsızlığa düşmüştür. Bu noktada filmin yapımcısı Spielberg kendisine cesaret vermiştir. Çünkü Bay, oluşturulan sanal görüntülerin çıktısını görmek istiyordu, bu anlamda neyi nasıl yaptığını ve çıkan sonucun elle tutulur bir görseelliğe sahip olup olmayacağını görmek için 3 boyutlu yazıcı kullanmışlardır. En çok 3 boyutlu çıktı yapılan karakter Megatron olmuştur, bilhassa birkaç tane farklı kafa modeli çıktısı yapılmıştır. 6 aylık süre içerisinde tüm robot karakterlerin model aşaması ve 3 boyutlu çıktı aşaması tamamlanmıştır. En çok parçaya sahip olan robot karakteri Ironhide'dir. 3 boyutlu çıktı aşaması da en zor olan çalışmadır ayrıca. En büyük zorluk ise çıkarılan karakterlerin parçalarının ve eklemlerinin oynamaya müsait şekilde yapılmasında yaşanmıştır. Karakterlerin her birine paslı ve eski görünüm verebilmek için çıktıdan sonra her parça ayrı ayrı boyanmıştır (Barnatt, 2013).



Şekil 38: Optimus Prime – Bumblebee (Kaynak: attractionmagazine.com, Erişim : 9 Mart 2014)



Şekil 39: JazzKaynak: attractionmagazine.com, Erişim : 9 Mart 2014)



Şekil 40: Optimus Prime (Kaynak: edgecastcdn.com, Erişim : 9 Mart 2014)

### 2.1.2.2. Yaratık Avcıya Karşı

Yaratık avcıya karşı, Paul W.S. Anderson tarafından 2004 yılında çekilen bir bilim kurgu filmidir. Film kavram olarak 1989 yılına ait bir çizgi roman temel alınarak yapılmıştır. Filmin yazarının ilham aldığı bir diğer konu ise Aztek mitolojisidir. 3 boyutlu çıktı olarak film karakterlerinden yaratık ve avcı'nın sadece bilgisayarda hazırlanmış modelleri ve çıktıları kullanılmıştır. En karmaşık çalışma ise hydraulic yaratığın yapım ve çıktı aşaması olmuştur (Hausman, 2013).



Şekil 41: Yaratık (Kaynak: product-review.com, Erişim : 11 Mart 2014)



Şekil 42: Yaratık (Kaynak: poeghostal.com, Erişim : 11 Mart 2014)



Şekil 43: Avcı (Kaynak: entertainmentearth.com, Erişim : 11 Mart 2014)

### 2.1.2.3. Demir Adam

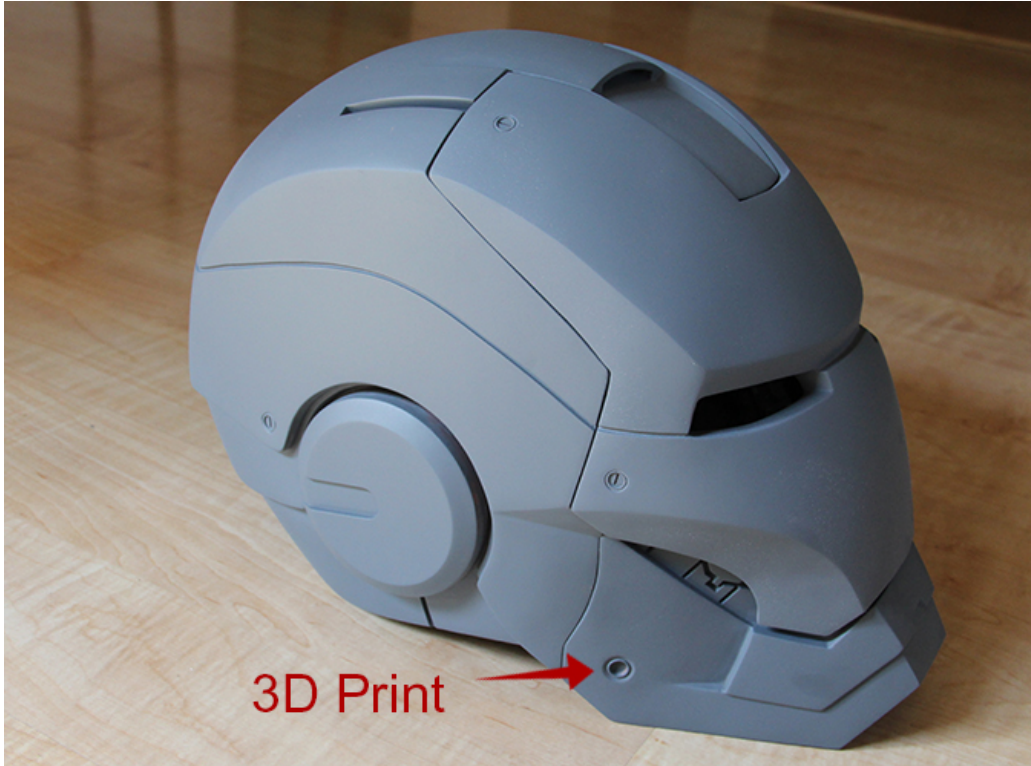
Demir adam filmi, 2008 yılında Jon Favreau tarafından çekilmiştir. Tür olarak bilim kurgu ve süper kahramanlık filmidir. 3 boyutlu yazıcı makinalarından çok fazla yararlanılmıştır. Bunlardan en önemlisi Demir adam kostümüdür. Demir adam tasarımı için önce 41kg ağırlığında bir model oluşturulmuştur. Daha sonra bu model geliştirilmiş ve ağırlığı 360 kg ulaşan bir tasarım yapılmıştır (Hausman, 2013).



Şekil 44: Demir Adam (Kaynak: 3dtotal.com, Erişim : 11 Mart 2014)



Şekil 45: Demir Adam (Kaynak: the modern mage.com, Erişim : 11 Mart 2014)



Şekil 46: Demir Adam (Kaynak: shapeways.com, Erişim : 5 Mart 2014)



#### 2.1.2.4. Jurassic Park

Jurassic park, 1993 yılında Steven Spielberg tarafında çekilmiştir. Türü ise bilim kurgudur. 3 boyutlu çıktı filmde sıkça dinazorların tasarımında ve devasa boyutlarda oluşturulan maketlerin yapım aşamasında kullanılmıştır.



Şekil 47: T-Rex (Kaynak: Swide.com, Erişim : 12 Mart 2014)



Şekil 48: Yaratık (Kaynak: yahoo.com, Erişim : 12 Mart 2014)



Şekil 49: Yaratık (Kaynak: yahoo.com, Erişim : 12 Mart 2014)

### 2.1.3. Araç Tasarımı için 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Filmler

#### 2.1.3.1. Yıldız Savaşları

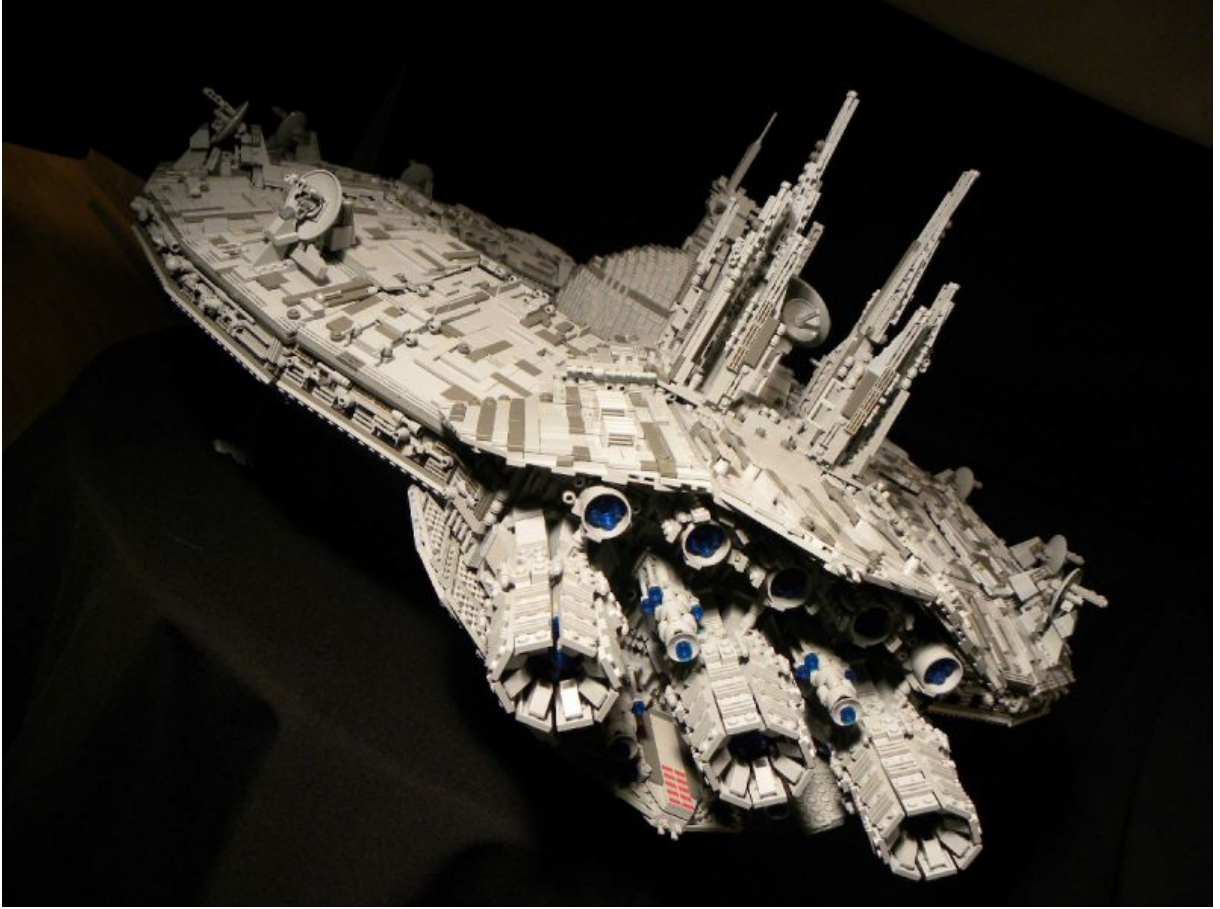
Yıldız Savaşları, 1977 yılında seri halinde çekilmeye başlanmıştır, filmin yönetmeni ve tasarımcısı George Lucas'dır. Türü bilim-kurgudur. Filmin çıktığı dönemde 3 boyutlu çıktı teknolojisi olmadığından bu anlamda yeteri kadar fayda sağlanamamıştır. Günümüzde çekilen seride ise 3 boyutlu çıktı teknolojisi kullanılmaktadır. Bu anlamda en çok kullanılan modeller, uzay gemileri olmuştur (Barnatt, 2013).



Şekil 50: Millennium Falcon (Kaynak: Manilovefilms.com, Erişim : 12 Mart 2014)



Şekil 51: Millennium Falcon (Kaynak: Wiki.com, Erişim : 12 Mart 2014)



Şekil 52: Yıldız Savaşları (Kaynak: Bitrebels.com, Erişim : 12 Mart 2014)

### 2.1.3.2. Star Trek

Star Trek, Amerikan bilim kurgu türüne ait bir filmidir. Tasarımcısı Gene Roddenberry'dir. İlk serisi 1966 yılından başlayarak 2013 yılına kadar ara ara devam eden filmler haline çekilmiştir. 3 boyutlu çıktı teknolojisi günümüzde çıkan seride sıkça kullanılmıştır. Kullanım alanı ise uzay gemilerinin tasarımı olmuştur (Barnatt, 2013).



Şekil 53: U.S.S. Enterprise (Kaynak: Thinkgeek.com, Erişim : 12 Mart 2014)



Şekil 54: Romulan Warbird (Kaynak: Antalik.com, Erişim : 12 Mart 2014)



Şekil 55: Enterprise NX-01 (Kaynak: Foundation.com, Erişim : 14 Mart 2014)

### 2.1.3.3. Tron

Tron, 1982 yapımı Amerikan bilim-kurgu filmidir. Senaryo ve yönetmeni Steven Lisberger. 2010 yılında tekrar çekilmiş bu sefer hem günümüz teknolojisi sayesinde özel efekt desteği ve 3 boyutlu çıktı teknolojisinden faydalanılmıştır. 3 boyutlu çıktı teknolojisini Tron için özel olarak tasarlanan motosiklet araçlarında kullanmışlardır.



Şekil 56: Tron Motosiklet (Kaynak: Tron-Wiki.com, Erişim : 14 Mart 2014)



Şekil 57: Tron Motorsiklet (Kaynak: Futuretechnology.com, Erişim : 14 Mart 2014)



Şekil 58: Tron Motorsiklet (Kaynak: Bikeexif.com, Erişim : 14 Mart 2014)

#### 2.1.3.4. Batman

Batman film serisi, DC Comics şirketinin kurgusal bir karakterinin uyarlandığı altı filmde oluşur. İlk filmin hazırlıkları 1979 yılında başlamıştır. İlk çekilen filmin yönetmeni Tim Burton'dur. 3 boyutlu çıktı teknolojilerini Batman için oluşturulan kavram araçların örnek modellerinin üretilmesi aşamasında kullanmışlardır.



Şekil 59: Batman Motorsiklet (Kaynak: Tuvie.com, Erişim : 14 Mart 2014)



Şekil 60: Batmobile (Kaynak: Blogspot.com, Erişim : 14 Mart 2014)



Şekil 61: Batmobile (Kaynak: Oobject.com, Erişim : 16 Mart 2014)

#### 2.1.3.5. Ender'in Oyunu

Ender'in oyunu, 2013 yapımı Amerikan bilim-kurgu filmidir. Filmin yönetmeni Gavin Hood'dur. 3 boyutlu çıktı teknolojisinin geldiği en son noktayı bu filmde görebiliriz. En son teknoloji kullanılarak, filmin içerisindeki araçların tasarımı yapılmıştır.



Şekil 64: Audi RSQ (Kaynak: Designboom.com, Erişim : 18 Mart 2014)





Şekil 63: Uzay Uydusu (Kaynak: Mightymega.com, Erişim : 18 Mart 2014)



Şekil 64: Audi RSQ (Kaynak: Designboom.com, Erişim : 18 Mart 2014)

## 2.2. 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılarak Yapılan Animasyon Filmler

Günümüz animasyon sinemasında, bilgisayar tarafından oluşturulan imgelerin ve çalışmaların günümüzde çok fazla önemi bulunmaktadır. Teknolojide yaşanan son gelişmelerden sonra bilhassa 3 boyutlu yazıcıların uygulanabilirliği, animasyon şirketlerinin dikkatinden kaçmadı. 3 boyutlu yazıcıların animasyon alanında kullanımı iki şekilde olmaktadır. Bunlar; çevre tasarımı ve karakter tasarımıdır.

### 2.2.1. Mekân Tasarımı İçin 3 Boyutlu Çıktı Kullanılan Animasyon Filmler

#### 2.2.1.1. Misfit Korsan Bandozu

Misfit korsan bandozu, 2012 yapım stop-motion animasyon çizgi filmidir. Filmin yönetmeni Peter Lord'dur (Barnatt, 2013). Stop-motion tekniği kullanılarak çekilen film için her obje 3 boyutlu çıktı tekniği ile çıktı yapılmıştır.



Şekil 65: Misfit Korsan Bandozu (Kaynak: Envisiontec.com, Erişim : 19 Mart 2014)



Şekil 66: Misfit Korsan Bandozu (Kaynak: Heyuguys.com, Erişim : 19 Mart 2014)



Şekil 67: Misfit Korsan Bاندosu (Kaynak: 3ders.com, Erişim : 20 Mart 2014)

## 2.2.2. Karakter Tasarımı için 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılan Animasyon Filmler

### 2.2.2.1. ParaNorman

ParaNorman, 2012 yapımı Amerikan 3 boyutlu stop-motion korku, komedi türünde bir animasyon filmidir. Filmin yönetmenleri, Sam Fell, Chris Butler'dır. 2012 yılında BAFTA tarafından en iyi animasyon film ödülünü almıştır. Film içerisindeki tüm karakterler ve objeler 3 boyutlu çıktı tekniği kullanılarak üretilmiştir (Barnatt, 2013).



Şekil 68: ParaNorman (Kaynak: Blogcdn.com, Erişim : 20 Mart 2014)



Şekil 69: ParaNorman (Kaynak: Blogcdn.com, Erişim : 20 Mart 2014)



Şekil 70: ParaNorman (Kaynak: Jeremyriad.com, Erişim : 21 Mart 2014)

#### 2.2.2.2. Coraline

Coraline, 2009 yapımı American 3 boyutlu stop-motion korku/fantazi filmidir. Yazar ve yöneten Henry Selick'dir. Ayrıca Coraline, altın küre ödülünü en iyi animasyon film dalında kazanmıştır (Barnatt, 2013). Film içerisinde bulunan birçok obje, karakterler 3 boyutlu yazıcı üzerinden oluşturulmuştur.



Şekil 71: Coraline (Kaynak: Ponoko.com, Erişim : 23 Mart 2014)



Şekil 72: Coraline (Kaynak: Blogspot.com, Erişim : 23 Mart 2014)



Şekil 73: Coraline (Kaynak: Blogcdn.com, Erişim : 23 Mart 2014)

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3 BOYUTLU YAZICI UYGULAMA ÇALIŞMA

#### 3.1. Uygulama Konusu: T-800

T-800, diğer adıyla Terminator; Arnold Schwarzenegger tarafından canlandırılmış, bilim kurgu robot karakteridir. Asıl görevi suikast ve askeri saldırıdır. İlk olarak 1984 yılında Terminator filminde, James Cameron tarafından kullanılmıştır. Daha sonra bu film seriyeye dönüşmüş ve bu seride sıkça yer almıştır. Empire tarafından yapılan araştırmaya göre, tüm zamanların filmleri içerisinde geçen karakterler arasında 14üncü seçilmiştir.

##### 3.1.1. Karakterin Terminolojisi

İlk üç filmde ismi Terminator olarak kullanılmıştır. Daha sonra çıkan filmde ise adı T800 olarak değiştirilmiştir. Terminator 2 filminde isminin açıklaması olarak "Siberdin sistemleri model-101", Terminator 3 filminde ise yalnızca "T-101" olarak kullanılmıştır.

##### 3.1.2. Filmdeki Rolü

Siberdin sistem model 101, yaşayan dokuya sahip metal iskelet üzerinde oluşturulan bir tasarım. İlk filmde T-800 olarak kullanılan bu karakter, ikinci film yenilenmiş bir sürüm ile T-850 ortaya çıkmaktadır. Her filmin sonunda bu karakter yok edilmiştir. 4üncü filmde T-101 olarak ortaya çıkmaktadır. Bu filmde tamamen bilgisayar destekli grafikler kullanılarak sanal bir karakter oluşturulmuş, yüz kısmı için Arnold Schwarzenegger kullanılmıştır.

İlk filmde Sarah Connor'ı öldürmek için gönderilmiş bir robottur. İkinci filmde ise direnişçiler tarafından ele geçirilmiş ve John Connor'ı korumak için tekrar gönderilmiştir. Üçüncü filmde de John Connor'ı korumak amacıyla gönderilmiştir. İkinci ve üçüncü filmde kahraman olarak tanımlanmıştır. Dördüncü filmde ise küçük bir rolü bulunmaktadır. Bu filmde tamamıyla bilgisayar destekli grafiklerden yararlanılmıştır.

##### 3.1.3. Karakteristik Özellikleri

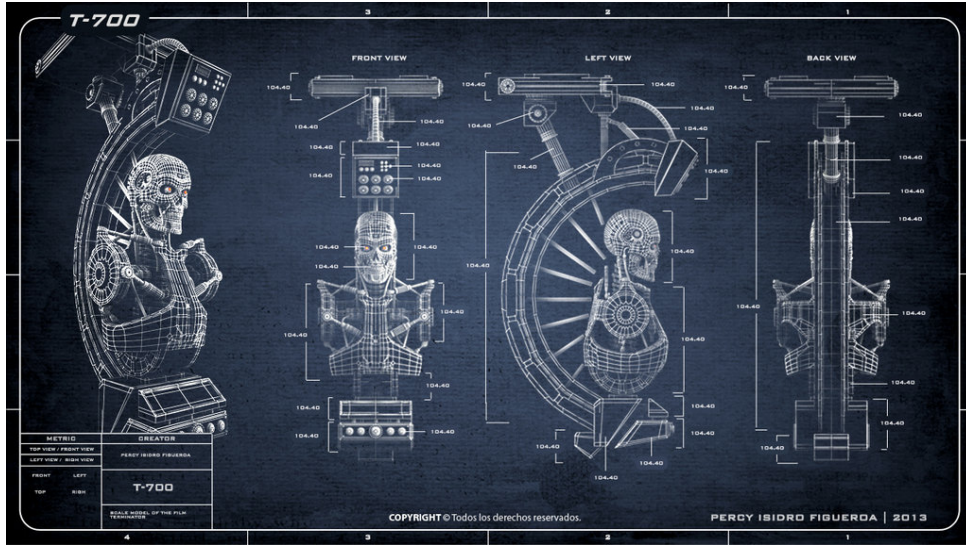
Kurgusal Terminator evreninde, Terminator; müthiş bir robot katil ve asker, süper bilgisayar olarak Skynet tarafından üretilmiştir. Asıl hedefi insan ırkının gösterdiği direnişi kırmak. Kişisel özellikleri; doğal konuşma, diğer insanların sesini kaydetme, insan el yazısını okuma, koklama, terleme ve kanama gibi özellikler gösterebilmektedir. Güç kaynağı

sayesinde 120 yıl yaşayabilmektedir. İç iskelet yapısı sayesinde ve hidrolik servomekanizmal bir yapıya sahip olduğu için insansı kemik sistemine benzerlikler taşımaktadır. Hidrojen yakıt hücreleri güç kaynağının ana yapısını oluşturmaktadır. İşlemci yapısı yapay sinir ağı ve öğrenme yeteneğine sahiptir. İnsanlar gibi organik bir yapıya sahiptir. Gerçek insan kasları ve deriyle üretilmiştir. Ancak insanlar gibi vücut içerisinde kan bulunmaz, sadece belli oranlarda kanama göstermektedir.

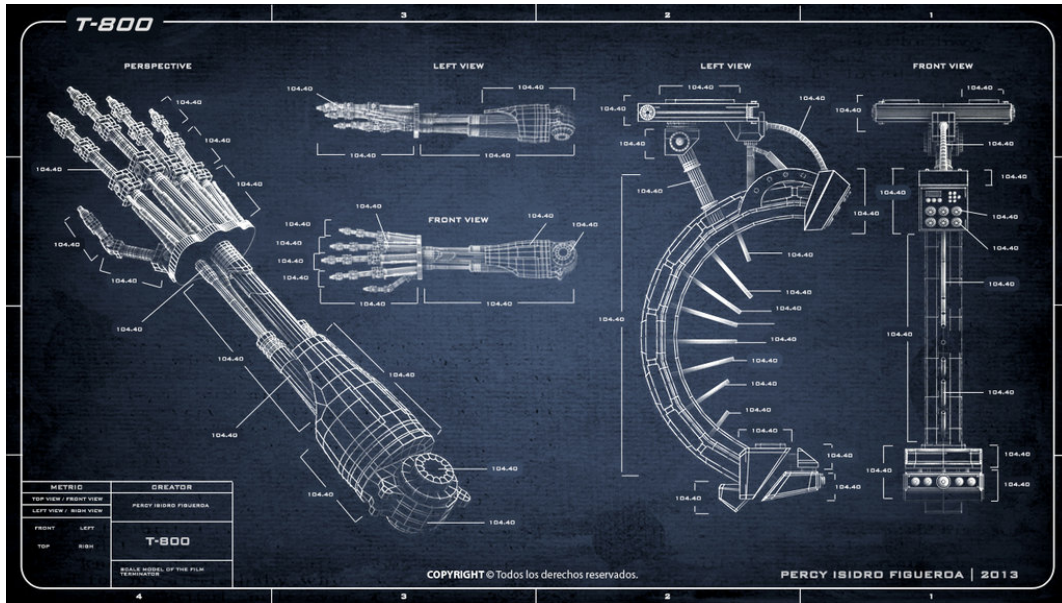
### 3.2. T-800 Uygulama Çalışması

#### 3.2.1. T-800 Modelleme

Bu aşamada modellemesi yapılacak T-800 için internet üzerinden kavram planları taramaya başlandı. Bulunan blueprint ile kavram taraması tamamlandı.



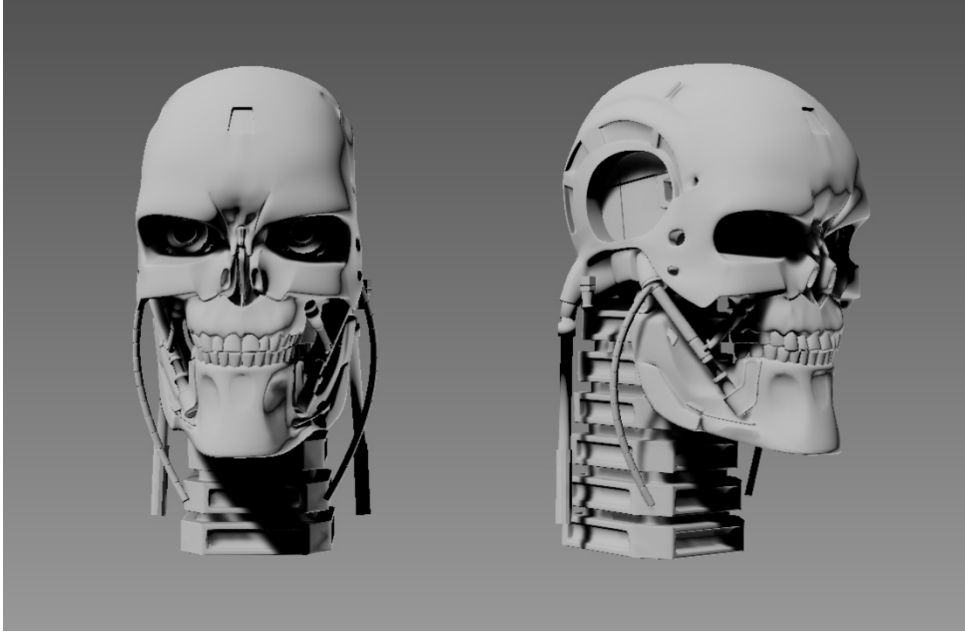
Şekil 74: Plan 1 (Kaynak: Foros3d.com, Erişim : 5 Nisan 2014)



Şekil 75: Plan 2 (Kaynak: Foros3d.com, Erişim : 5 Nisan 2014)

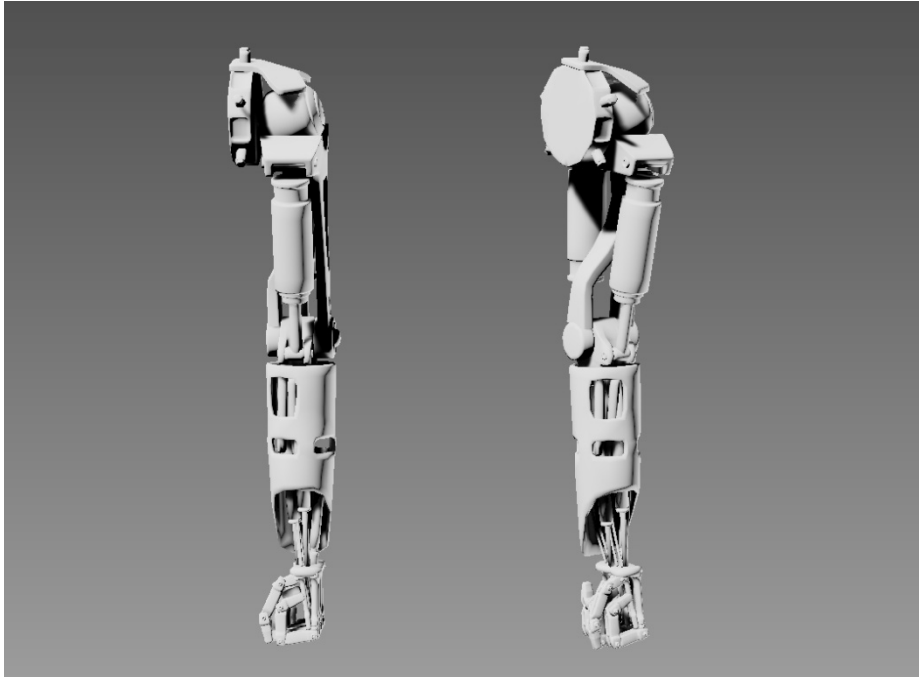






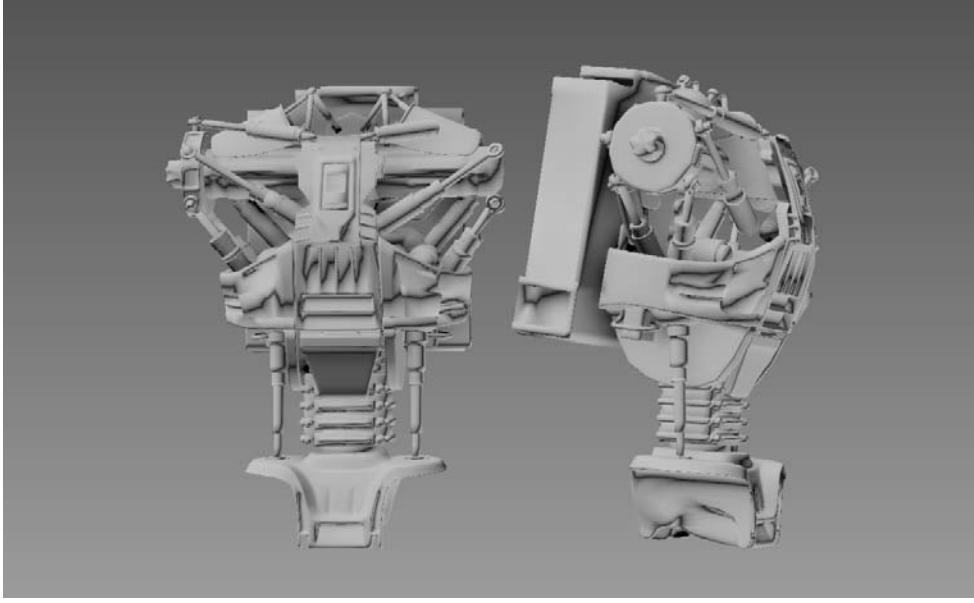
**Şekil 78: Kafa Tasarımı**

İkinci aşama olarak kol tasarımına başlandı, toplam 5 saat süren çalışmadan sonra modelleme aşaması tamamlandı. Kol kısmı toplam 48 parçadan oluşmaktadır. Yaklaşık sahip olduğu poligon detayı 390 bin poligondur.



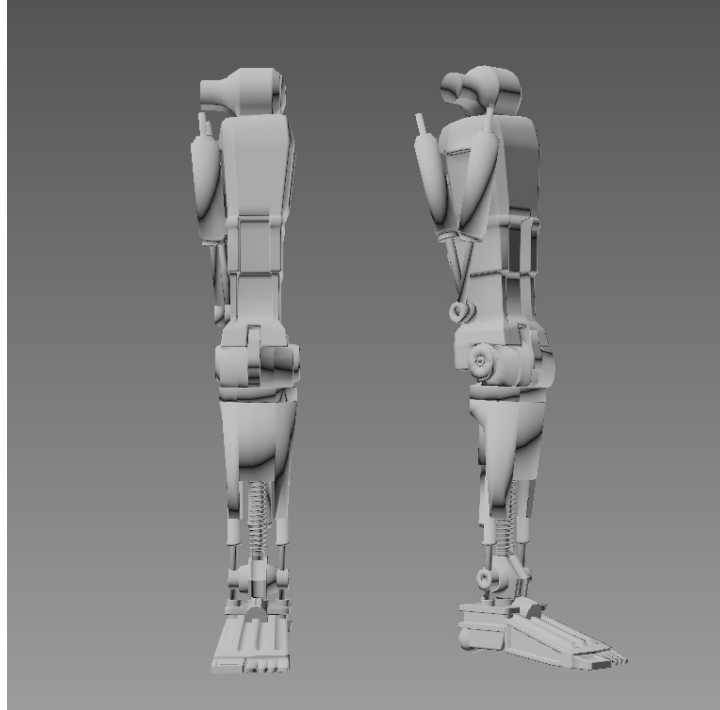
**Şekil 79: Kol Tasarımı**

Üçüncü aşama olarak gövde tasarımına başlandı, toplam 9 saat süren çalışmadan sonra modelleme aşaması tamamlandı. Gövde kısmı toplam 86 parçadan oluşmaktadır. Yaklaşık sahip olduğu poligon detayı 640 poligondur.



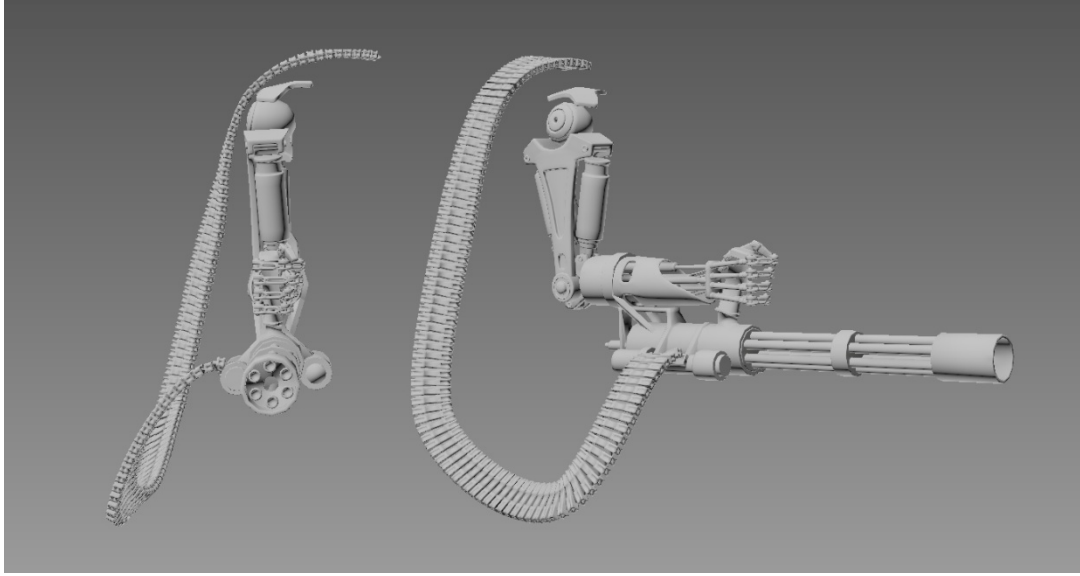
**Şekil 80: Gövde Tasarımı**

Dördüncü aşama olarak bacak tasarımına başlandı, toplam 7 saat süren çalışmadan sonra modelleme aşaması tamamlandı. Bacak tasarımı toplam 52 parçadan oluşmaktadır. Yaklaşık sahip olduğu poligon detayı 386 bin poligondur.



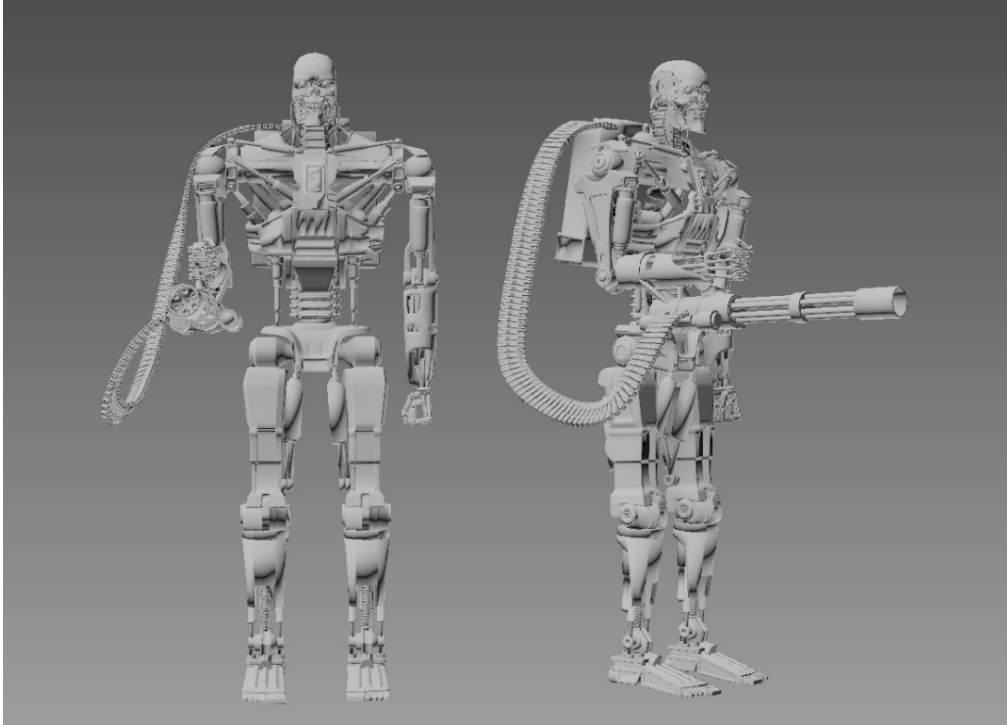
**Şekil 81: Ayak Tasarımı**

Beşinci ve son aşama olarak silah ve sağ kol tasarımına başlandı, toplam 8 saat süren çalışmadan sonra modelleme aşaması tamamlandı. Silah ve sağ kol tasarımı toplam 96 parçadan oluşmaktadır. Yaklaşık sahip olduğu poligon detayı 620 bin poligondur.



**Şekil 82: Silah Tasarımı**

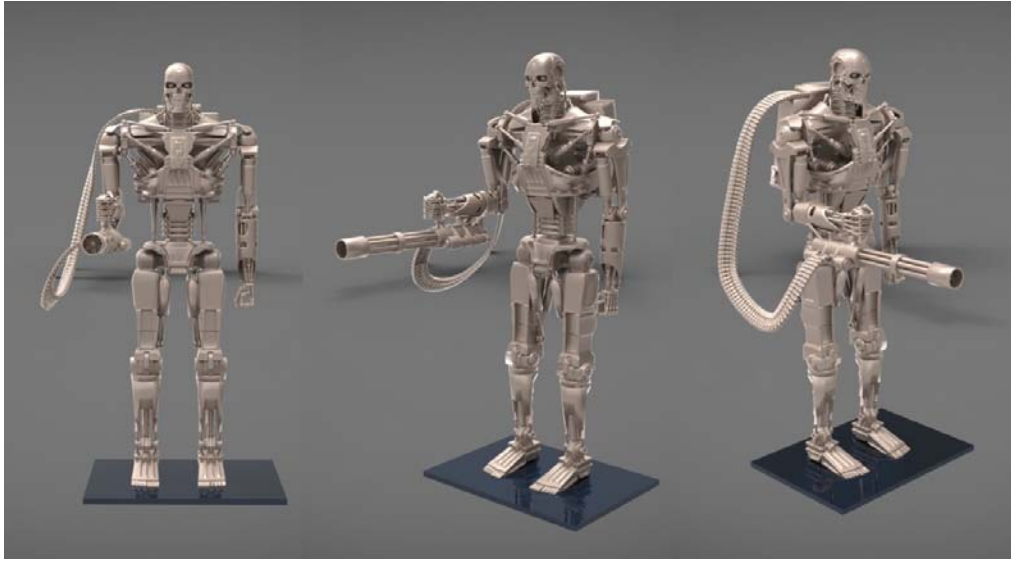
Karakterin tüm modelleme aşamaları 37 saat içerisinde tamamlandı. Tüm tasarım toplam 394 parçadan oluşmaktadır. Tüm çalışmanın toplam poligon sayısı 2,5 milyon poligondur.



**Şekil 83: Komple Tasarım**

### 3.2.2. T-800 Kaplama

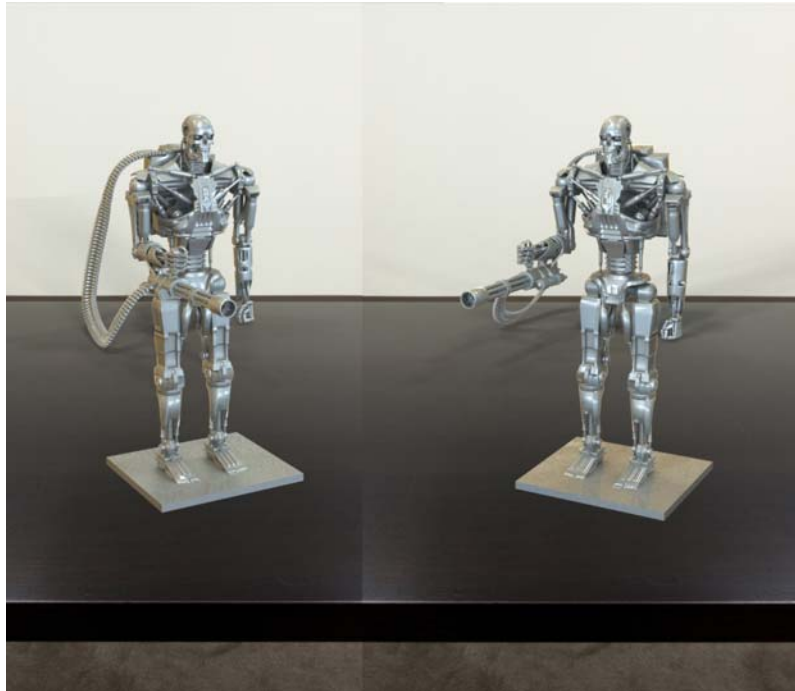
Karakterin kaplama işlemi yaklaşık 3 saat sürmüştür. Her parça ayrı ayrı uv maplerine ayrılmış daha sonra kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 84: Kaplama Hali

### 3.2.3. T-800 3 Boyutlu Çıktı Aşaması

Karakterin 3 boyutlu çıktı işlemi Shapeways firması aracılığı ile Amerika birleşik devletleri'nde yapılmıştır.



Şekil 85: 3 Boyutlu Çıktı Hali

## SONUÇ

3 boyutlu yazıcı süreci günümüzde ister sinema sektörü olsun ister animasyon sektörü olsun, bu alanların vazgeçilmez araçlardan bir tanesi olmuştur. Ancak bilinmesi gereken bir konu ise halen hiçbir özel firmanın üretimde 3 boyutlu yazıcı devrimini kabul etmemesidir. Çünkü 3 boyutlu yazıcı teknolojisi halen bazı firmaların tekelinde bulunmaktadır. Bunu aşabilmek için gereken özveri üniversiteler tarafından yeterince gösterilmemektedir. Bunun yanında piyasada satılan modellerin kullanıcı bazında karşılanabilir ücretlere indirilmesi gerekmektedir. Kullanılan malzeme açısından da yaşanan bazı sıkıntılar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi ise fiyat bakımından hala yüksek meblağlarla satış yapılmasıdır. Endüstriyel firmaların elinde bulunan 3 boyutlu yazıcıların fiyatlarının yüksek olması dışında, kullanılan malzeme fiyatlarının da yüksek olması, sektörün tekil kullanıcı bazında gelişimini olumsuz yönde etkileyen faktörlerdendir. Büyük firmaların sahip oldukları gelişmiş 3 boyutlu yazıcılar sayesinde elde ettikleri sonuç tatmin edici olsa dahi, benzer sonuçları son kullanıcının şuan maddi yüküyle alması imkânsız gözükmemektedir.

3 boyutlu yazıcıların günümüzdeki gelişim süreci bu şekilde devam ettiği ve ihtiyaçların ev kullanıcılarına göre şekillenmesi durumunda ilerde her evde bir üç boyutlu yazıcı olacağına kesin gözüyle bakabiliriz. Ancak tekil kullanıcıların şu an elde edebileceği fayda günümüz teknolojik ihtiyaçlarına göre gereksiz kabul edilmektedir. Endüstrinin şu an için gösterdiği resim bu teoriyi desteklemektedir.

Sinema ve animasyon sektöründe elde edilen fayda ise gelişen teknolojik sistemler ile birlikte kaçınılmaz bir birlikteliğe doğru gitmektedir. Şuan gelinen süreç ile birlikte işlev olarak kullanım amaçlarına yönelik olarak başarılı bir şekilde sinemayla bütünleşmesi sağlanmıştır. Bilhassa karakter ve mekân tasarımında oluşturulan hayalî kavramların gerçeğe dönüştürülmesinde sağladığı fayda ve kolaylık tartışılmaz derecede başarılı bir şekilde sonuçlanmıştır. Sektörün en önemli ihtiyaçlarından bir tanesi gördüğünü elde edebilmek şuan için sorun olmaktan çıkmaktadır. Gelecek için bu yapının fonksiyonel olup olmadığını zaman gösterecektir. Ancak sonuç itibarıyla sinema ve animasyon sektöründe 3 boyutlu yazıcı kullanımı endüstriye değer katmış ve kazandırdığı faydalar sayesinde hem hız hem de limitleri zorlayan bir dünyanın tasarımına imkân vermiştir. En önemlisi 3 boyutlu yazıcılar sinema için üst seviye kolay ve efektif bir tasarım yolunu açmışlardır. Günümüzde artık her yaratıcı fikir 3 boyutlu yazıcılar sayesinde gerçeğe dönüşmektedir. Yönetmenin artık yaratıcı

düşüncelerine sınır koyması olasılığı kalkmıştır. Etkileşimde bulunduğumuz çevre ve günlük hayatımızdaki görünmeyen birçok etken; internet bilgisi, hedeflerimiz, dışarıdan duyduğumuz sesler, oksijen seviyesi ve zaman, tüm bunlar etrafımızı çevirmiş yapılardan oluşmaktadır. Aklımızda göremediğimiz çoğu bilgiyi, dijital yapılara dönüştürmek günümüzün en büyük sorunlarından bir tanesidir. Sinema ise bunun görsel anlamda sanat ayağını oluşturmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar sadece teknik anlamda değil, ayrıca görsel ve duyuşsal olarak da taşıdığımız çoğu düşünceyi ve değeri de görünür kılmaktadır.

Süreç olarak bir karakterin fikir aşamasından bitiş aşamasına kadar geçen süre incelendi. Karakterin tüm bilgisayar destekli tasarım aşamaları 37 saat sürmüştür. Tüm tasarım 394 parçadan oluşmaktadır. Tüm çalışmanın toplam poligon sayısı 2,5 milyon poligondur. 3 boyutlu çıktı aşaması ise 26 saatte tamamlanmıştır. Toplam harcanan zaman ortalama 1,5 gündür. Geleneksel yöntemler kullanılarak bu tasarımın oluşturulması yaklaşık 15 gün ile 20 gün sürmektedir. Uygulama çalışmamda yaptığım analize göre, gelinen noktada 3 boyutlu yazıcıların kullanımı sektöre büyük kolaylık getirmesinin yanında hız da getirmiştir. Bilhassa gerçekleştirilmesi güç modellerin bilgisayar desteği sayesinde kusursuz bir şekilde üretilmesi, sektöre sınırsız bir özgüven getirmiştir. Bu anlamda 3 boyutlu yazıcıların kullanımının hızla yaygınlaşacağı ve sinemanın üretim şekillerinde önemli değişimlere kaynaklık edeceği uzak bir ihtimal gibi görünmemektedir.

## **KAYNAKÇA**

### **KİTAPLAR**

KURMAN, MELBA & LIPSON, HOD (2013) Fabricated: The New World of 3D Printing, Wiley Publishing.

DECKER, BILL & DIKOVITSKAYA, VALERIA & JACOBSON, JOSH (2013) How To 3D Print Money: Second Edition, CreateSpace Independent Publishing.

BARNATT, CHRISTOPHER (2013) 3D Printing: The Next Industrial Revolution, CreateSpace Independent Publishing.

KELLY, JAMES FLOYD (2013) 3D Printing: Build Your Own 3D Printer and Print Your Own 3D Objects, Que Publishing.

HAUSMAN, KIRK (2013) 3D Printing For Dummies, For Dummies.

EVANS, BRIAN (2012) Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing, Apress Publishing.

BUDMEN, ISAAC (2013) The Book on 3D Printing, CreateSpace Independent Publishing.

DANIEL, PATRICK HOOD & KELLY, JAMES FLOYD (2011) Printing in Plastic: Build Your Own 3D Printer, Apress Publishing.

PETTIS, BRE & FRANCE, ANNA KAZIUNAS & SHERGILL, JAY (2012) Getting Started with MakerBot, O'Reilly Media Publishing.

FRANCE, ANNA KAZIUNAS (2013) Make: 3D Printing: The Essential Guide to 3D Printers, Maker Media Publishing.



## MAKALELER

SACHS, Emanuel (2001), Three Dimensional Printing, Massachusetts Inst Of Tech  
Cambridge Dept Of Mechanical Engineering

CURODEAU, Alain & SACHS, Emanuel & CALDARISE, Salvatore (2000), Design and  
Fabrication Of Cast Orthopedic Implants With Freeform Surface Textures From 3-D Printed  
Ceramic Shell, Journal Of Biomedical Materials Research

BASSOLI, Elena & GATTO, Andrea & LULIANO, Luca & VIOLANTE, Maria Grazia  
(2007), 3-D Printing Technique Applied to Rapid Casting

Kaplan, A., & Haenlein., M. 2006, Toward a Parsimonious Definition of Traditional and  
Electronic Mass Customization”, Journal Of Product Innovation Management, 23, 2, pp. 168-  
182

Lu, K., Reynolds, W:T: 2008. "3DP process for fine mesh structure printing”, Powder  
Technology, Volume 187, Sayı 1, 8, sayfa. 11-18

## DİĞER MAKALELER

Print me a Stradivarius, 2011

[www.economist.com/node/18114327](http://www.economist.com/node/18114327)

## GÖRÜŞMELER

Springer, Jason; Makerbot üretim uzmanı. Nisan 12, 2014

Gryson, Alexander; Sculpteo UI/UX tasarımcısı. Nisan 16, 2014

## WEB SÍTELERÍ

Kraftwurx:

[www.kraftwurx.com](http://www.kraftwurx.com)

Sculpteo:

[www.sculpteo.com](http://www.sculpteo.com)

I.materialise:

<http://i.materialise.com>

Shapeways:

[www.shapeways.com](http://www.shapeways.com)

Encyclopaedia Britannica

[www.britannica.com](http://www.britannica.com)