

**HEYKEL SANATINDA  
ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI**

Ozan UYGAN

Yüksek Lisans Tezi

Heykel Anasanat Dalı

Danışman: Prof. Rahmi ATALAY

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü

Eylül 2016

**HEYKEL SANATINDA  
ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI**

Ozan UYGAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Heykel Anasanat Dalı  
Danışman: Prof. Rahmi ATALAY

Eskişehir  
Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü  
Eylül 2016

## **JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI**

**Ozan UYGAN**'ın "**Heykel Sanatında Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Kullanımı**" başlıklı tezi **22 Eylül 2016** tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddesi uyarınca, **Heykel Anasanat Dalı Yüksek Lisans** tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Rahmi ATALAY**  
**Üye : Doç. Bülent ÇINAR**  
**Üye : Yrd. Doç. Selçuk YILMAZ**

**Prof. Sıdıka Sibel SEVİM**  
**Anadolu Üniversitesi**  
**Güzel Sanatlar Enstitü Müdürü**

## ÖZET

HEYKEL SANATINDA

ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI

Ozan UYGAN

Heykel Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eylül 2016

Danışman: Prof. Rahmi ATALAY

Heykel Sanatı tarih öncesi çağlardan itibaren üretim tekniklerinin dönemlere uygun olarak değiştiği aşamalara sahiptir. Zaman içerisinde değişen ve evrimleşen teknikler, heykelin tasarım ve yapıma sürecine etki etmektedir. Tekniklerde ve kullanılan malzemelerde yaşanan en büyük değişiklikler, Antik Yunan döneminde ve Sanayi devrimi sonrasında oluşan toplum düzeninde sanat kavramının özerkleşmesinden sonra yaşanan Modernizm döneminde gerçekleşmiştir. Sanayi devriminden sonra üretim sistemlerinin değişmesi ve 19. Yüzyıl'dan itibaren yaşanan makineleşme, 20. Yüzyıl'daki teknolojik gelişmelere temel oluşturmuştur. 1970'li yıllarda üç boyutlu yazıcıların ortaya çıkışı ve 2000'li yıllarda ticarileşip insan yaşamına adapte olmaya başlaması ile birlikte heykel sanatında kullanımlarının görülmesi tarihsel süreçte heykele eklenen tekniklerin en sonuncusu olarak göze çarpmaktadır. Bu araştırma kapsamında, üç boyutlu baskı teknolojilerinin heykel sanatında tasarım, üretim tekniklerine etkileri sanatçıların eserleri üzerinden sorgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Heykel, Teknik, Teknoloji, 3B Baskı, Yazıcı

## **ABSTRACT**

### **THE USE OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES IN THE ART OF SCULPTURE**

Ozan Uygan

Department of Sculpture

Anadolu University, Institution of Fine Arts, September, 2016

Advisor: Prof. Rahmi Atalay

The Art of Sculpture has phases that production techniques have changed since prehistoric times. Techniques those changed and evolved during time effects the sculptures design and making process. Major changes of techniques and materials have happened in Ancient Greece and Modernizm era after self determination of the term of art after Industrial Revolution. Changes of production system after Industrial Revolution and mechanization since 19th century made the ground for technological developments in 20th century. With Invention of three dimensional printers during 1970's and their commercialization in human life during 2000's, their uses in Sculpture art seemed the last technique adaptation during historical process. In this research, effects of 3D printing Technologies on design, production techniques of the art of sculpture will be examined with the help of artists works.

Anahtar Kelimeler: Sculpture, Technique, Technology, 3D Printing, Printer

## ÖNSÖZ

Tezin birinci bölümünde heykel sanatında kullanılan tekniklerdeki gelişmeler antik çağlardan 21. Yüzyıl'a kadar uzanan bir süreçte incelenmiş ve bu gelişmelerin heykele etkileri değerlendirilmiştir. İkinci bölümde, üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin tarihi ve türleri araştırılmış ve kullanım alanları sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise heykel sanatında üç boyutlu yazıcıların kullanımına değinilmiş, üç boyutlu yazıcı teknolojilerini kullanan sanatçıların çalışmaları incelenmiş ve bu teknolojilerin heykele etkileri araştırılmıştır.

Tez çalışma sürecimde bütün yardımlarından dolayı danışmanım Prof. Rahmi Atalay hocama ve Yard. Doç. Selçuk Yılmaz hocama teşekkür ederim.

Ozan Uygan

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tez/proje çalışmasının bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumunda bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde intihal içermediğini beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Ozan UYGAN



## İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
GÖRSELLER LİSTESİ.....	ix
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

1.TARİH BOYUNCA HEYKEL TEKNİKLERİNDEKİ DEĞİŞİM.....	3
1.1.TARİH ÖNCESİ ÇAĞLARDA HEYKEL SANATI TEKNİKLERİ.....	3
1.2. ANTİK MISIR VE YUNAN'DA HEYKEL TEKNİKLERİ.....	6
1.3. RÖNESANS VE BAROK.....	12
1.4. MODERNİZM VE SONRASINDA HEYKEL TEKNİKLERİ.....	12

### İKİNCİ BÖLÜM

2.ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİ .....	19
--	----



<b>2.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN TARİHİ .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. ÜÇ BOYUTLU BASKI YÖNTEMLERİ .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.1. Stereolitografi (Reçine Kürleme) (SLA) .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.2 Seçmeli Lazer Sinterleme (selective laser sintering ) (SLS) .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.3. Eriyik Dökerek Modelleme (Fused Deposition Modeling) (FDM).....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.4. Diğer Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojileri.....</b>	<b>33</b>
<b>2.3. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIM ALANLARI .....</b>	<b>33</b>

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

<b>3. 3 BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİNİ KULLANAN SANATÇILAR....</b>	<b>37</b>
<b>3.1. ROXY PAINE VE ANISH KAPOOR.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2. KARIN SANDER.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. MİCHAEL REES.....</b>	<b>44</b>
<b>3.4. MARC QUINN.....</b>	<b>46</b>
<b>3.5. MOREHSHIN ALLAHYARI VE DANIEL ROURKE.....</b>	<b>49</b>
<b>3.6. JOSHUA HARKER.....</b>	<b>51</b>
<b>3.7. ROBERT LAZZARINI.....</b>	<b>52</b>

<b>SONUÇ.....</b>	<b>54</b>
-------------------	-----------

<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>55</b>
----------------------	-----------

## ÖZGEÇMİŞ

## GÖRSELLER LİSTESİ

- Görsel 1.** Venus of Tan Tan, M.Ö. 300.000 - 500.000.....3  
[http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/39076000/jpg/\\_39076800\\_figurine203x451.jpg](http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/39076000/jpg/_39076800_figurine203x451.jpg)
- Görsel 2.** Göbeklitepe kabartmalarından ayrıntı. M.Ö. 10.000 – 8.000.....5  
[http://gobeklitepe.info/wp-content/uploads/Gobeklitepe\\_Galeri\\_008.jpg](http://gobeklitepe.info/wp-content/uploads/Gobeklitepe_Galeri_008.jpg)
- Görsel 3.** Firavun Psammetikhos I büstü, M.Ö. 664 – 610 .....7  
<http://www.sothebys.com/content/dam/stb/lots/N08/N08603/N08603-6-lr-1.jpg>
- Görsel 4.** Antik Yunan’da kullanılan yontu aletleri.....9  
<http://www.artofmaking.ac.uk/content/essays/2-stoneworking-tools-and-toolmarks-w-wootton-b-russell-p-rockwell/>
- Görsel 5.** Kouros from Attica, yaklaşık M.Ö. 600.....10  
<https://klimtlover.files.wordpress.com/2012/09/kroisos.jpg>
- Görsel 6.** Riace Bronzları, M.Ö. 460 – 450.....11  
<http://2.bp.blogspot.com/-dsp35k-QxOg/UBaBB6G1XqI/AAAAAAAAABw/rvH6pIz4qpE/s1600/Riace+bronzes.jpg>
- Görsel 7.** Edgar Degas, The Little Fourteen-Year-Old Dancer(Bronz döküm), 1922 ....13  
[http://c300221.r21.cf1.rackcdn.com/edgar-degas-little-fourteen-year-old-dancer-1882model-1922cast-bronze-partly-tinted-cotton-skirt-and-satin-hair-ribbon-1367822470\\_org.jpg](http://c300221.r21.cf1.rackcdn.com/edgar-degas-little-fourteen-year-old-dancer-1882model-1922cast-bronze-partly-tinted-cotton-skirt-and-satin-hair-ribbon-1367822470_org.jpg)
- Görsel 8, 9 :** Solda, Torso of a Young Man (Ahşap), Philedelphia Museum of Art, 1917, Sağda, Torso of a Young Man (Pirinç), Cleveland Museum of Art 1917.....14  
<http://www.clevelandart.org/art/3205.1937> , <https://tr.pinterest.com/pin/51791464438311721/>
- Görsel 10.** Pablo Picasso, Bulls Head, 1942.....15  
[https://winblogs.azureedge.net/devices/2012/06/Picasso-el-khoury23\\_fig3-595x483.jpg](https://winblogs.azureedge.net/devices/2012/06/Picasso-el-khoury23_fig3-595x483.jpg)

<b>Görsel 11.</b> Constantin Brancusi ve elektrikli taşlama makinası, 1930'lar.....	17
<a href="https://vimeo.com/59152646">https://vimeo.com/59152646</a>	
<b>Görsel 12.</b> TD Robotics firmasının atölyelerinde CNC makine ile taş işlenmesi.....	18
<a href="http://pic.stonecontact.com/picture/20119/59044/t-d-robotics-lapisystem-p138484-1B.jpg">http://pic.stonecontact.com/picture/20119/59044/t-d-robotics-lapisystem-p138484-1B.jpg</a>	
<b>Görsel 13.</b> 1952 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde tanıtılan ilk CNC makinesi.....	21
<a href="http://www.practicalmachinist.com/firstnc.jpg">http://www.practicalmachinist.com/firstnc.jpg</a>	
<b>Görsel 14.</b> SLA-1 isimli ilk Stereolitografi yöntemiyle çalışan 3B yazıcı.....	23
<a href="https://3dprint.com/wp-content/uploads/2015/06/sla1d.jpg">https://3dprint.com/wp-content/uploads/2015/06/sla1d.jpg</a>	
<b>Görsel 15.</b> RepRap topluluğu tarafından üretilen 2.0 (Mendel) isimli 3B yazıcı modeli..	24
<a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/RepRap_%27Mendel%27.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/RepRap_%27Mendel%27.jpg</a>	
<b>Görsel 16.</b> François Willème, Foto-heykel otoportre, 1860'lar.....	26
<a href="http://www.luminous-lint.com/imagevault/html_54501_55000/54856_std.jpg">http://www.luminous-lint.com/imagevault/html_54501_55000/54856_std.jpg</a>	
<b>Görsel 17.</b> SLA yazıcıda 3B baskı süreci.....	28
<a href="https://i.ytimg.com/vi/PlaOm41ee4o/maxresdefault.jpg">https://i.ytimg.com/vi/PlaOm41ee4o/maxresdefault.jpg</a>	
<b>Görsel 18.</b> SLS baskı sonrasında çıktının tozlardan arındırılması.....	29
<a href="http://www.kul3d.com/wp-content/uploads/2014/08/diamond-chair-1.jpg">http://www.kul3d.com/wp-content/uploads/2014/08/diamond-chair-1.jpg</a>	
<b>Görsel 19.</b> FDM tekniğiyle baskı yapan bir 3B yazıcı ve içinde çıktı obje.....	31
<a href="http://www.3ders.org/images/builder-big-3d-printer.jpg">http://www.3ders.org/images/builder-big-3d-printer.jpg</a>	
<b>Görsel 20.</b> FDM, SLS, ve SLA tekniklerinin bir infografik ile karşılaştırılması.....	32
National Geographic, Aralık 2014, s:84	
<b>Görsel 21.</b> Kenya Ulusal Müzelerinden Homo Habilis kafatası çıktısı.....	34
<a href="http://ngm.nationalgeographic.com/2014/12/3d-printer/img/03a-homo-habilis-printed-skull-670.jpg">http://ngm.nationalgeographic.com/2014/12/3d-printer/img/03a-homo-habilis-printed-skull-670.jpg</a>	
<b>Görsel 22.</b> Büyük boyutlu KamerMaker isimli 3B yazıcının iç görüntüsü.....	35
<a href="http://planet.vectorworks.net/wp-content/uploads/2013/07/DUSarchitects_inside_kamerma-ker_72dpi.jpg">http://planet.vectorworks.net/wp-content/uploads/2013/07/DUSarchitects_inside_kamerma-ker_72dpi.jpg</a>	

- Görsel 23.** Cody Wilson ve ellerinde bulunan 3B baskı tabanca.....36  
<https://3dprint.com/wp-content/uploads/2015/05/s2.jpg>
- Görsel 24.** Roxy Paine, SCUMAK No:2, 2000.....38  
[http://static1.squarespace.com/static/53c091bee4b00a113d580ed8/53c31432e4b02bad423494f3/53c3147be4b02bb571b59859/1409164126802/paine\\_Roxy\\_Paine\\_final.jpeg](http://static1.squarespace.com/static/53c091bee4b00a113d580ed8/53c31432e4b02bad423494f3/53c3147be4b02bb571b59859/1409164126802/paine_Roxy_Paine_final.jpeg)
- Görsel 25.** Roxy Paine, SCUMAK No:2'den çıkan formlardan bir örnek, 2000.....39  
[http://static1.squarespace.com/static/53c091bee4b00a113d580ed8/53c31432e4b02bad423494f3/53c31473e4b056f82567734d/1409164108623/Paine\\_Scumak\\_a.jpeg](http://static1.squarespace.com/static/53c091bee4b00a113d580ed8/53c31432e4b02bad423494f3/53c31473e4b056f82567734d/1409164108623/Paine_Scumak_a.jpeg)
- Görsel 26.** Anish Kapoor'un çimento yazıcısından bir görünüm.....40  
<http://anishkapoor.com/cms/wp-content/uploads/2016/02/rwNza1.jpg>
- Görsel 27.** Anish Kapoor, “Greyman Cries, Shaman Dies, Billowing Smoke, Beauty Evoked”, 2008 – 2009.....41  
[http://www.factum-arte.com/lib/kcfinder/upload/images/art/anish\\_kapoor/greyman\\_cries/09.jpg](http://www.factum-arte.com/lib/kcfinder/upload/images/art/anish_kapoor/greyman_cries/09.jpg)
- Görsel 28.** Karin Sander, 1:10, 2000.....42  
[https://s3.amazonaws.com/files.collageplatform.com/prod/image\\_cache/750x500\\_fit/538f4142a9aa2c2c1e8b4568/7e6b3e4edd05a952a2141890a318e02c.jpg](https://s3.amazonaws.com/files.collageplatform.com/prod/image_cache/750x500_fit/538f4142a9aa2c2c1e8b4568/7e6b3e4edd05a952a2141890a318e02c.jpg)
- Görsel 29.** Karin Sander, 1:10, 1997.....43  
<http://www.moma.org/media/W1siZiIsIjcyNzU1H0sWyJwIiwY29udmVydCIiIyZXNpemUg-MjAwMHgyMDAwXHUwMDNIII1d.jpg?sha=7766ed7234a4b261>
- Görsel 30, 31.** Soldaki görselde Anja Spine serisinden 3B yazıcıdan çıkartılmış heykel (1996- 2001), sağdaki görselde ise Rees'in CAD yazılımıyla tasarladığı dijital model (2011) görülmektedir.....45  
<http://static1.squarespace.com/static/51197458e4b0f1a7921105ed/5119c1ece4b0dccc6d8983865/5119c1eee4b0735b66256e35/1360642545551/AJS222Photo.jpg?format=750w>

<b>Görsel 32.</b> Marc Quinn, Frozen Wave(Conversation of Mass), 2015.....	46
<a href="http://static1.squarespace.com/static/51197458e4b0f1a7921105ed/5119c1ece4b0dcc6d8983865/5119c1eee4b0dcc6d8983866/1360642547063/AJS2aRenderr.jpg?format=750w">http://static1.squarespace.com/static/51197458e4b0f1a7921105ed/5119c1ece4b0dcc6d8983865/5119c1eee4b0dcc6d8983866/1360642547063/AJS2aRenderr.jpg?format=750w</a>	
<b>Görsel 33.</b> Marc Quinn, “The Archeology of Art” serisinden “Map of the Space-Time Continuum” 2013.....	48
<a href="http://marcquinn.com/assets/artworks/medium/19444.jpg">http://marcquinn.com/assets/artworks/medium/19444.jpg</a>	
<b>Görsel 34.</b> Morehshin Allahyari, Material Speculation – Marten, 2015.....	49
<a href="http://www.morehshin.com/wp-content/uploads/2016/02/morehshin_allahyari-material_speculation-marten-1.jpg">http://www.morehshin.com/wp-content/uploads/2016/02/morehshin_allahyari-material_speculation-marten-1.jpg</a>	
<b>Görsel 35, 36.</b> Joshua Harker, Permutation Prime, Bronz döküm (Solda), 2015, PLA baskı (Sağda), 2013.....	52
<a href="http://www.joshharker.com/?page_id=76">http://www.joshharker.com/?page_id=76</a>	
<b>Görsel 37.</b> Robert Lazzarini, Skull (I), 2000.....	53
<a href="http://static1.squarespace.com/static/547b51cae4b0680f8d6c00f0/547f65e1e4b0ff750b0ccecfc/547f65ffe4b053bc20c520e0/1418657927095/skull+i.jpg?format=1500w">http://static1.squarespace.com/static/547b51cae4b0680f8d6c00f0/547f65e1e4b0ff750b0ccecfc/547f65ffe4b053bc20c520e0/1418657927095/skull+i.jpg?format=1500w</a>	

## GİRİŞ

20. yüzyılda gelişen kavramsal yönleri bir kenara bırakılırsa, heykelin iki öge sayesinde var olduğu söylenebilir. Madde ve biçim. Madde, kimi heykellerde kavramsal yönü destekleyerek, kimi yerlerde biçimsel özellikleri etkileyerek heykelin varlığına katkıda bulunur. Tekniğin gelişmesi bu maddeselliğe bağlı olmuştur. Malzeme, kimi zaman içsel özelliğini heykele yansıtarak, kimi zaman da tasarıma katkıda bulunarak heykel sanatının varlığında önemli rol oynamıştır. Tarih boyunca her heykel bir malzemedен yapılmıştır. Her malzemenin kendine has karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Bir heykeltıraşın, çalıştığında, kullandığı belirli malzemelerin olanaklarının farkına varması, heykelin yapılaş amacının gerçekleştirilmesi için gerekli bir süreçtir. Alet ve tekniklere dair bilgi, tasarımın somutlaştırılması için zorunludur. Heykeltıraşın malzemeye yaptığı her türlü etki, etkisizlik, doğal bir süreç değildir ve her hareketin bir anlamı bulunmaktadır. Bu hareketler, teknikler ve aletler ile gerçekleştirilmektedir. 20. yüzyıl ile birlikte heykel sanatında kullanılan malzeme çeşitliliğinde artış görülmüş ve yeni malzemelerin keşifleri modern ve çağdaş sanatın potansiyelinin açığa çıkarılmasına katkıda bulunmuştur.

Sanatta kullanılan teknikler, teknolojiyle farklılaşır. Heykel teknikleri, çağlar boyunca temel anlamda özellikle 20. Yüzyıl'a kadar büyük değişiklikler olmasa da kullanılan araçlar bakımından gelişmiştir. Örneğin taşta kullanılan metal yontu aletleri, metalin işleme yöntemleri ile yenilendiyse bile pratik olarak ilkeldirler. Elektrikli, basınçlı (pnömatik) aletlerin heykel üretim sürecinde kullanımının keşfedilmesi ve bu sürece yönelik özelleşmelerine rağmen kökenleri binlerce yıldır kullanılan el aletlerine dayanmaktadırlar.

Kullanılan malzeme bağlamında ise en büyük değişiklikler 20. Yüzyılda gerçekleşmiştir. 18. Yüzyıl sanayi devrimi sonrasında üretim için gerekli hammadde çeşitlerinin artması, bu hammaddelerin işleme yöntemlerinin geliştirilmesi, 19. Yüzyıl sonunda Auguste Rodin ile başlayan “modern heykel sanatı”nda yeni materyallerin kullanımının önünü açmıştır. “Modern sanat” kavramının ortaya çıktığı 19. Yüzyıl sonunda öncesinde tarih boyunca kullanılan murç, madırğa, keski vb. el yontu aletlerine, teknolojik gelişmelere bağlı

olarak yenileri eklenmiştir. Elektrik ve basınçlı hava ile çalışan aletlerin geliştirilmesi sayesinde heykel sanatında tasarım ve üretim süreci 21. Yüzyıla kadar süregelen bir biçimde devamlı olarak farklılaşmaya başlamıştır. Araçların teknolojiyle evrilmesi, harcanan mekanik enerji ve süreci kısaltması, yeni teknikler ile yapılan çalışmalarda form, biçim, renk, doku vb. heykel tasarım elemanlarının eski teknikler ile yapılanlara göre daha geniş olanaklar ile yapılabilmesi sonucunu doğurmuştur. Bu bağlamda 1970'li yıllarda icat edilen üç boyutlu baskı teknolojileri, diğer tüm yeni teknikler gibi, heykelin tasarım, üretim, sergilenme aşamalarında iz bırakmıştır. Üç boyutlu (3B) baskı makineleri ve dijital tasarıma ait araçlar yaygınlaştıkça ve kullanım alanları genişledikçe heykel de farklılaşacaktır.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. TARİH BOYUNCA HEYKEL TEKNİKLERİNDEKİ DEĞİŞİM

#### 1.1. TARİH ÖNCESİ ÇAĞLARDA HEYKEL SANATI TEKNİKLERİ

Heykel sanatı tarihi, net tarih bilinmemekle beraber Paleolitik Çağ'da, bir başka deyişle Eski Taş Çağı'nda başlamıştır. İnsan müdahalesi bulunan bilinen en eski heykelsi objeler, Berekhath Ram Venüsü ve Tan-Tan Venüsü'dür (Görsel-1) . Kesici taş aletler ile şekillendirilmiş Tan-Tan Venüsü'nün 300.000 ve 500.000 yıl öncesi tarihleri arasındaki Orta Aşölyen döneme ait olduğu düşünülmektedir (Bednarik, 2003: 405).



**Görsel 1:** *Venus of Tan Tan, M.Ö. 300.000 – 500.000*



Hayvan, kuş, insan figürü formlarına sahip ilk tarih öncesi heykelcikler yaklaşık M.Ö. 35.000’li yıllara kadar uzanmaktadır. 40.000 yıl öncesinde Üst Paleolitik döneme ait “Lion Man of the Hohlenstein Stadel” isimli mamut dişine oyulmuş aslan başlı bir erkek figürü ilk heykel örneklerinden biri olarak kabul edilmektedir<sup>1</sup>. Bunun gibi bazı örnekler dışında, taş devri heykellerine ait örneklerin çoğu kadın figürü betimlemelerinden oluşmaktadır. Bu figürlerin özel amaçları olduğu düşünülmektedir. Özi Huntürk bu betimlemeleri şöyle açıklamaktadır:

İlk heykelciklerin doğum, bereket, verimlilik gibi konularda insanlara yardımcı olma amaçlı çalışıldıkları ortak kanıdır. Anaerkil toplumlara ait ilk heykelciklerin yüzleri belirsiz bırakılsa da kolay anlaşılabilen kadın organlarına sahiptirler ve küçük boyutlarıyla avuç içinde bile rahatlıkla taşınabilirler. Her halleriyle buldukları topluluklarla iç içe samimi yaşadıkları söylenebilir... Paleolitik’te üretilmiş kadın heykelcikleri özellikle İtalya, İspanya arasındaki mağaralarda ele geçmiştir... Üsluplaştırıldıkları, doğal olanı birebir taklit etmeyip sadece temsil ettikleri görülür. Oysa aynı dönemin hayvan heykelcikleri doğayı taklit eden biçimde çalışılmıştır. Bu bakımdan kadını temsil eden heykelciklerin özel anlamı olduğu düşünülür.(Huntürk, 2011: 30, 31),

Paleolitik dönemde yapılan yontu heykellerde, dönemin sivri uçlu taş aletlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Bu aletler ile fildişi, ve değişik taş türleri yontulmuştur. Kullanılan aletlerin ilkeliği plastik anlamda bazı sıkıntılar doğurmuştur. Üç boyut etkisi genellikle kabartmalar ve kazımlar ile anlaşılmaktadır. “Süs önem kazanmakla ve heykel yüzeylerinde çizilerek gösterilmektedir. Yani plastik biçimlendirme değil, işaret ederek belirtme önem kazanmaktadır. Üçboyutlu heykellerde bile, vücut uzuvlarının çizilerek gösterildiği ve bu yüzden plastik biçimlendirme yerine, çizerek biçimlendirmenin kabartma dışında değerlendirildiği görülür(Turani, 2010: 14).”

Paleolitik dönemin ardından biten buzul devri sonrasında insanların tarımı keşfetmeleri, hayvanları evcilleştirmeleri ve yerleşik yaşama geçmeye başlamaları, Neolitik Çağ (Yeni Taş Çağı, Çıllı Taş Devri) adı verilen dönemde gerçekleşmiştir. Bu dönemde pişmiş toprak figürinler de görülmektedir ve seramik tekniklerinde ilerleme kaydedilmiştir. Taş aletler daha ustalıkla yapılmış ve yontuya daha uygun hale gelmiştir. Paleolitik dönemde

---

<sup>1</sup> [http://www.loewenmensch.de/lion\\_man.html](http://www.loewenmensch.de/lion_man.html)

kemik, diş ve ahşap yontuların yanında genellikle kumtaşı ve kireçtaşı gibi yumuşak taşlar yontulmuş, fakat taş aletler geliştikçe Neolitik ağda mermer, granit gibi taşlar da kullanılmaya başlanmıştır. Obsidyen adlı volkanik taşın sertliği ve kesiciliği, insanların yontu aletlerini bu malzemedен yapmalarını sağlamıştır. Heykel sanatı kk boyutlu objelerde ve yaklaşık 10.000 yıl öncesine tarihlenen Göbektepe gibi anıtsal yapılarda kabartma olarak kendini göstermiştir (Görsel-2) .



**Görsel 2.** *Göbektepe kabartmalarından ayrıntı. M.Ö. 10.000 – 8.000*

Karakteristik özelliği bronz malzemesinin bulunması olan ve yaklaşık M.Ö. 3000 – M.Ö. 1200'lü yıllara tarihlenen “Bronz Çağı”, bronzun hem heykel malzemesi olarak kullanımının, hem de metal aletlerin üretilmesinin başlangıcı olan çağdır. Medeniyetin ortaya çıkması ve yazının bulunması ile beraber, tarih çağları başlamıştır. Bu çağda, taş, ahşap ve bronz rölyef örnekleri bulunmuştur.

## **1.2. ANTİK MISIR VE YUNAN'DA HEYKEL TEKNİKLERİ**

Antik Çağlarda heykel sanatında en göze çarpan uygarlık Antik Yunan'dır. Antik Yunan sanatı ve felsefesi, tarihi derinden etkilemiştir. Heykel sanatında, Mısır'dan aldıkları tekniği ileriye taşımışlar ve yüzyıllar boyunca değişmeyen teknikleri bulmuşlardır. Antik Roma Heykeli ve İtalyan Rönesansı dâhil olmak üzere mermer ve anıtsal heykel tekniklerinde temel yapısı itibariyle değişmemiş şeylerin keşfedilmesini sağlamışlardır. Antik Yunan heykel sanatı, sanat tarihinde üç ana dönem olarak ele alınır. Arkaik dönem, Klasik dönem ve Helenistik dönem. Mermer heykel ve anıtlardaki tekniklerin ilerlemeye başladığı dönem arkaik dönem olmuştur. Tekniklerin ilerlemesinin birincil sebebi, 7. Yüzyıldan itibaren şehir devletlerinin Yakındoğu ile olan ilişkileridir. Bu dönem ve öncesinde Antik Yunan'da boyut olarak küçük ölçülerdeki figürinler en önemli heykel örneklerdir. Aşama aşama boyutların büyümesi, dönemin çevrilen yazıtları ve Mısır heykel sanatı ile olan benzerlikleri iki toplumun bu noktada keştiği ve kültürel etkileşimlerin olduğunu görmeyi mümkün kılmıştır.



**Görsel 3.** *Firavun Psammetikhos I büstü, M.Ö. 664 – 610*

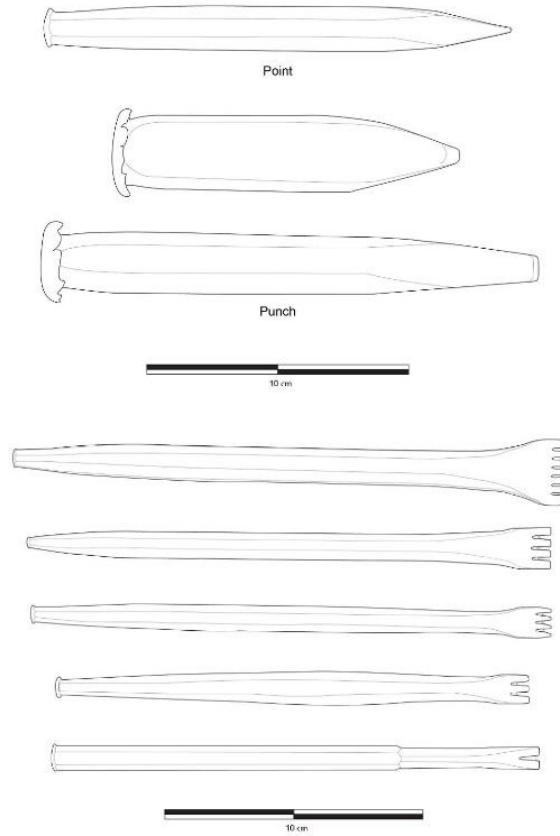
Firavun Psammetikhos I (664-610) düşmanlarına karşı savaşmak üzere Doğu Yunanlı ve Kariyalı askerleri topraklarına çağırmişti; bu da ileride Yunanlı grupların Mısır'a yerleşmeleri ve sonra da Mısır ile ticaret yapma ayrıcalıkları ile sonuçlanmıştı. 638'e geldiğimizde Samos'lu kaptan Koliaios'un Akdeniz'in güney rotasını tanıdığını ve şahsen bildiğini öğreniyoruz. Yunanlılar Mısır'da şüphesiz insan ölçülerinde ve hatta daha büyük boyutta sert taştan yapılmış, ayakta duran ve oturan figürler şeklindeki, aslında kendilerinin sahip olduğu daha az başarılı heykeller ya da heykelciklerden de büyük değişiklik göstermeyen heykellerle karşılaşmışlardı. Aslında Yunanlılar Yakın Doğu'dan gelen ve Mısır etkisi altında yapılan eserlerden dolayı bunların bazı özelliklerine aşinaydılar. Bunun için çok sayıda ustanın Mısır'a yapacağı sık ziyaretlere ihtiyaç yoktu. Heykelcilikte kendileri için yeni olan kavramlar ve bunları uygulama yollarının Ege'ye tanıtılması için Yunan toplumuna has olan merak duygusuna ve öğrenmeye dönük yeteneğe sahip olmak yeterliydi (Bordman: 2001: 21,22).

Bu ilişkilerden ortaya çıkan örneklerdeki en önemli unsurlar, Yunanlıların kullandıkları tekniklerdeki değişim ve boyutlardır. Bu değişimlerin görüldüğü örnekler Mısır ile olan

ilişkilerin yaşandığı döneme karşılık gelmektedir. Heykel o dönemlerde dinsel amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen ve sergilemesi yapılan bir eylem ve sanat olduğundan dolayı ortaya çıkan eserlerin anıtsal olmuş olması kaçınılmazdır. Mimari ve dekorasyona yönelik büyük ölçekli çalışmalar bulunmasına rağmen figüratif heykellerde bu ölçüye ulaşılmaya başlanması Mısır'dan alınan tekniklerin icra edilmesi ile açıklanabilir. Bu dönemden önce toprak figürinler dışında taştan yapılan heykeller, mermerden çok daha yumuşak işlenebilen kumtaşı ve kireçtaşı gibi materyallerden yapılmıştır. Bu taşların yontulmasında kullanılan aletler marangozluk aletlerinden çok farklı değildir. Materyalin değişimi, tekniğin değişimini de beraberinde getirmiştir. Kristal bir yapıda olan ve taneli yapıdaki yumuşak taşlardan farklı aletler gerektiren mermerin malzeme olarak heykeltıraşlık ve mimaride önem kazanmasının sebeplerinden biri, anakaradan ve adalardan kolaylıkla çıkarılabilmesi olmuştur. Kolaylıkla çıkarılabilmesinin dışında mermerin kalitesi, bir başka deyişle kristal büyüklüğü, yarı şeffaflığının azlığı ya da çokluğu gibi özellikleri mermerin son üründeki görünümüne katkısından çok işleme tekniklerine etkisi bakımından önemliydi. Çünkü bitirilen iş cilalanmaz veya parlatılmazdı, boyanırdı. Dolayısıyla Antik Yunan'da mermerin kalitesi yontmaya etkisi yönüyle etkili olmuştur. Heykeltıraşlar o dönemde kullanacakları mermeri yataktan seçip işin büyük bir kısmını da açık havada gerçekleştirirlerdi. Mısırdaki kullanılan daha sert taşlar demir aletler bilinmediğinden genellikle uzun bir süreçte yontularak ve aşındırılarak işlenmiştir. Demir aletlerin kullanıldığı Yunanistan'da ise mermer vb. kumtaşı ya da kireçtaşından daha sert malzemelerin yontulması için aletler geliştirilmiştir ve teknikler bu yönde ilerlemiştir. İlk aşamadan sonra genellikle düz keski, son aşamalarda ise Naksos'tan çıkartılan zımpara madeni toz veya bloklar halinde kullanılarak formun elde edilmesi ve temizlenmesi sağlanırdı.

Zımpara taşı, iri taneli yapıdadır ve büyük aşındırıcı özellikler göstermektedir. Yay ile çalıştırılan matkaplar ayrıntıların işlenmesinde ve açılan deliklerin arasında kalan parçaların kırılması ile istenmeyen parçaların taştan ayrılmasında kullanılırdı. Bu matkaplar, özellikle kol ve bacak gibi uzantılı parçaların ortaya çıkarılmasında kullanılmıştır. Yontu dışında figürün oranlarını belirlemek için kullanılan teknikler, Arkaik dönemde Mısır ve Yunan heykeli açısından bazı örneklerde benzerlik gösterse de Yunanlı heykeltıraşlar Antik Mısır'da kullanılan bazı katı teknikleri uygulamayı bırakmışlardır. Antik Mısır'da ba-

tık rölyeflerde, heykellerde figürler, sistematikleştirilmiş katı kurallara uygun biçimde işlenirdi. Örneğin insan figürleri Mısır heykelinde simetrik, kumaş kıvrımları statik, ve oranlar toplamda göz hizasından topuklara kadar 21 kareyi dolduracak bir biçimde yapılırdı. Mısır'daki bu katı sistemler 8000 yıl boyunca Akhenathon dönemi dışında istisnasız bir şekilde uygulanmıştır. Yunanlılar ise bu yöntemleri bazı Arkaik örneklerde görüleceği üzere kullanmışlardır fakat Arkaik dönem ve sonrasında bu katı disiplinlerden ayrılmışlardır.



**Görsel 4.** Antik Yunan'da kullanılan yontu aletleri

Teknik açıdan önceki dönemlerde daha yumuşak taşların işlenmesinde kullanılan marangozluk teknikleri, daha sert olan mermerin yontulabilmesi için, erken dönemde sivri keski, yassı keski, matkap ve aşındırıcıların kullanımına doğru evrilmiştir. Daha ağır olan enli keski düz yüzeylerde kullanılmıştır. Arkaik dönemde sivri ve yassı keski dışında dişli keski bir başka deyişle taraklı keskiyi keşfetmişlerdir (Görsel-4) . Bu alet çeşitli açılarda kullanılabilmekte ve mermerin yüzeyini dişleriyle rendeleyebilmekteydi. Ayrıca dik

olarak tutulduğunda keskin bir şekilde içe eğimli yüzeyler yaratabilirdi. Raspa ya da eğe ise daha serbest bir şekilde kullanılır; geride kalan kaba alet izlerini ortadan kaldırmaya yarardı. Matkap saç ya da giysideki daha ince ayrıntıları işlemek amacıyla, ya da altta kalan ve görünmeyen yerlerdeki oyuklar için gittikçe yoğun bir biçimde kullanılmıştır. Heykeltıraşlar genellikle yüzeyde kalan kaba alet izlerini ortadan kaldırmak amacıyla büyük bir çaba göstermişlerdir. Ancak yine de bu izler dikkat çekmeyen noktalarda izlenebilmektedir. Bu matkaplar yardımıyla bazen vücudun elemanlarını figüre monte etmek için delikler açılmıştır. Yani figürü oluşturmada tek bir bloktan işi halletme zorunluluğu yoktur. Ayrıca gerekli görünen bölgeler çubuklarla desteklenmektedir. Kireç taşından yapılmış bazı figürler alçı ile kaplanırdı çünkü gözenekli dokusu ve hatta bazen deniz kabuğu barındırırdı. Bazı elemanlar farklı malzemelerden yapıp eklenirdi. Mızrak, kılıç ve hatta miğfer gibi bazı ek elemanlar madenden yapılarak figüre tutturulabilirlerdi. Ve boya kullanımı özellikle bu ek elemanlarda daha belirgin olmuştur. Gözler kemik kristal veya cam kullanılarak kakma yapılırdı.



**Görsel 5.** *Kouros from Attica, yaklaşık M.Ö. 600*



Akropolis'te bulunan katip heykelinde [164] ve bazı kouros figürlerinde izlediğimiz gibi erkek vücudunda ten kırmızı veya kahverengiye boyanırdı. Kadın vücudu ise muhtemelen boyanmadan beyaz bırakılıyordu; geç tarihli erkek heykellerinde de şüphesiz belli bir tonlandırma mevcuttu. Ayrıca saçlarda, kaş, göz, göğüs uçlarında ve kasık tüylerinde de boya kullanılmaktaydı. Kabartmalarda arka planlar genellikle koyu mavi veya kırmızı ile kaplanırdı. Antik dönemde heykellerde kullanılan boyalar muhtemelen o denli koyu ve parlak değildi. Ayrıca açık havada, yoğun güneş ışığı altında renkler de bir miktar solmaktaydı. (Boardman, 2001: 92)

Metal işçiliğinde ise erken tarihli bronz eserlerde masif döküm tekniği kullanıldığını görebiliriz. Bu teknikte orjinal figür balmumundan şekillendirilmekte, üzerleri de kalıp işlevi gören kil bir örtü ile kaplanmaktaydı. Sonraki dönemlerde figür farklı malzemelerden yapılmaya başlanmış böylece biten eserin ağırlığı azalmış, ekonomik yönden de bir kazanç sağlanarak daha az miktarda bronz kullanılmıştır. Teknolojik açıdan en son ulaşılan aşama çekirdek figürü neredeyse istenilen figür kadar yapmaktır. Sonradan bu model, bronzun kalınlığı kadar balmumu ile kaplanır ve onun da üzerine gerekli ayrıntılar işlenirdi. Balmumunun üzeri daha sonra kil ile örtülür, model ile kil arasına içleri boş borucuklar yerleştirilir, ısıtılmanın ardından balmumunun eriyip boşaldığı yere bronz dökülürdü (Görsel-6). Geç tarihli büyük bronz heykellerin dudaklarında ve meme uçlarında rengi daha kırmızı olan bakır kullanılmıştır.



**Görsel 6.** *Riace Bronzları, M.Ö. 460 – 450*



### 1.3. RÖNESANS VE BAROK

Yeniden doğuşun yaşandığı ve hümanizmin egemen olmaya başladığı bu çağda heykel sanatında, Antik Yunan ve Roma heykellerine benzeyen çalışmalar görülür. Figürlerde denge önemlidir. İnsan vücudu incelenerek yapılan anatomi araştırmaları ile beraber bu detaylarda ve gerçekçilikte artış görülür. Konular genellikle tinseldir ve bu heykeller alegoriktirler. Barok Sanatta Heykeller, Rönesans Döneminde olduğundan çok daha hareketli ve canlı yapılmıştır. İnsan figürleri sürekli hareket halindedir. Hareketler zariftir, rahat ve gevşek durmaktadır. Kimi zaman hareketler aşırı yapılmıştır. Süsleme amaçlı ve anıtsal heykeller yapılmıştır. Heykeltıraşların ustalığı ve heykel yapımında daha düzgün aletler kullanılmış olmasına rağmen tekniklerde bir değişme görülmemektedir. Bu dönemlerde heykeltıraşların heykel yaparken kullanabileceği ana malzemeler taş, bronz, pişmiş toprak ve ahşap olmuştur.

### 1.4. MODERNİZM VE SONRASINDA HEYKEL TEKNİKLERİ

19. yüzyılda tanık olunan sanatsal gelişmeler, Endüstri Devrimi'nden sonra dünyada yaşanan değişimlerin sonucudur. Gündelik yaşamı etkileyen icatlar ve büyüyen kentler, sanatı besleyen burjuva elemanlarıdır. Bu bakımdan icatlar hayatın tüm alanlarına yayıldıkça, sanatı da kapsamaya başlamışlardır. Özellikle 20. yüzyıl başlarında modern sanatın ve avangardların etkisiyle heykel sanatında farklı malzemelerin kullanımına doğru bir ilerleyiş mevcuttur. Endüstriyel malzemelerin ve hazır objelerin sanatın içine aktarılması, modern heykelin en önemli özelliklerinden biridir.

1881'de Edgar Degas "The Little Fourteen-Year-Old Dancer"(On dört yaşındaki dansçı)ı yaptığında, heykelde geleneksel malzemelerin dışına çıktığından, dikkatleri üzerine çekmiştir (George, 2014: 17). Daha sonra bronz dökülmüş bu iş ilk sergilendiğinde, balmumundan oluşuyordu, dansçının saçları at yelesindendi ve kıyafetleri balmumuna batırılmış gerçek kıyafetlerdi. 19. yüzyılda bronz ve taş malzemelere bağlı bulunan akademik

heykelden bağımsız bu iş, Rodin sayesinde başlayan modern heykel sanatının bir öncüsü olmuştur. Resimdeki izlenimcilik akımının temsilcilerinden biri olan Degas, bunu akımı heykele taşımıştır (Görsel – 7).

Ancak İzlenimci yaklaşımın heykeldeki hakkını veren başlıca sanatçı Medardo Rosso'dan (1858 - 1928) söz edilebilir. Genellikle küçük boyutlu alçı üzerine şeffaf balmumuyla çalışan Rosso'nun ışık oyunlarını gözetken heykelleri, tıpkı İzlenimciler gibi gündelik yaşamı ve sıradan insanları konu alır. Rosso'nun kullandığı şeffaf balmumu, İzlenimcilerin resimlerindeki gibi titreşimli bir yüzey elde etmesine yol açar. Kendi döneminin geleneksel heykel anlayışıyla karşılaştırıldığında özgün bir figür olarak dikkat çeken Medardo Rosso, 19. Yüzyılın en ilginç heykeltıraşlarından biri olarak nitelendirilmiştir. ( Antmen, 2008: 27)



**Görsel 7.** Edgar Degas, *The Little Fourteen-Year-Old Dancer*(Bronz döküm), 1922

Modernizmle beraber heykeltıraşın malzemeyi biçimlendirme özgürlüğü genişlemiştir. Bu şu sebeple önemli olmuştur. Aynı temel form, farklı malzemeler ile aynı sanatçı tarafından üretildiğinde, işin içeriği ve izleyicinin tepkisi farklılaşır. Brancusi'nin birini pirinçten birini ahşaptan yaptığı Torso of a Young Man başlıklı iki işi buna örnek gösterilebilir (Görsel – 8, 9). Hemen hemen aynı boyutta ve çok yakın formlarda olmalarına karşın, malzemelerin doğası ve uygulanan teknikler gereği, ahşap heykel ışığı emmekte ve kendiliğinden büyümüş bir ağaç gibi görünmekte, pirinç olan heykel ise ışığı yansıtmakta ve organik formlarına rağmen bir makine parçası gibi görünmektedir (George, 2014: 15). İki farklı malzemenin izleyici üzerinde yarattığı etki anlamlandırmayı farklılaştırmaktadır.



**Görsel 8, 9 :** Solda, Torso of a Young Man (Ahşap), Philadelphia Museum of Art, 1917, Sağda, Torso of a Young Man (Pirinç), Cleveland Museum of Art 1917.



**Görsel 10.** *Pablo Picasso, Bulls Head, 1942*

Pablo Picasso'nun asamblaj tekniği ile benzer olarak heykellerinde gündelik malzemeler kullanan Alexander Archipenko (1887 – 1964) heykelde kübizm akımının öncülerindedir. Picasso ayrıca atık malzemelerden ve metallere yapıldığı heykelleri ile de bilinmektedir (Görsel – 10). Buluntu objeleri kullanan ilk sanatçı Marcel Duchamp olmuştur. Dadaizm'den miras kalan buluntu objelerin heykel sanatında kullanılması, asamblaj-montaj olarak adlandırılan teknik ile üretilmiş ve çoğunlukla günlük hayattan elde edilen endüstriyel atıkların bir araya getirilmesiyle form oluşturularak yapılan heykeller ortaya çıkmıştır. Asamblaj, üç boyutlu kolaj anlamına gelmektedir ve kökeni kübizme dayanmaktadır. Bu sayede heykel diğer sanat formları ile bir araya gelmiş ve aradaki sınırlar kalkmaya başlamıştır. Asamblajın etkileri, 1960 sonrasında pop sanat, enstalasyon, ve minimalizm gibi pek çok sanat döneminde devam etmiştir. Arte Povera ve Pop Sanatta gündelik nesnelere kullanılmıştır.

Claes Oldenburg renkli ve üç boyutlu nesnelere pop dünyasına katılmıştır. Amerikan insanının her gün tükettiği hamburger, dondurma ve pasta gibi popüler yiyecek maddelerinden, klozet kapağı, elektrik düğmesi, ruj, mandal, araba sileceği, yazı makinesine kadar çeşitli günlük kullanım nesnelerini çalışmalarına konu alan Oldenburg, “nesnelere” doğal yapı -yumuşaklık sertlik gibi-boyut ortamlarını değiştirmiş ve böylece onları olduğundan farklı bir bağlamda sunarak bu nesnelerin tüketicisi ve kullanıcısı olan seyircinin ilgisini üzerlerine çekmiştir.(Germaner, 1997 : 17 )

20. yüzyılda bronz döküm tekniklerinden farklı olarak, doğrudan metal uygulamaları yapılmıştır. Bu uygulamalar, metal plakalar, çubuklar, profillerin kaynak teknikleriyle birleştirilmesi, kesilmesi, dokulandırılmasıyla yapılmaktadır. Doğrudan metal uygulamalarında mekanik ya da elektrikli endüstriyel aletler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu aletler yardımıyla malzeme şekillendirilip istenen forma getirilmektedir. Metal işleme yöntemlerindeki gelişmeler, diğer heykel yöntemlerini de etkilemiştir. Örneğin büyük boyutlu bir anıt modelajında, metal profiller kaynatılarak konstrüksiyon oluşturulmakta ve modellenen malzeme bir arada tutulmaktadır. Aynı zamanda klasik kil yanında modelajda kullanılan hamurlar da çeşitlenmiştir. Dökümde yeni bulunan materyaller ile olanaklar çeşitlenmiştir. Bronzun yanı sıra, polyester reçine, beton, plastik, farklı metaller ve benzeri birçok malzeme ile döküm yapılmaktadır.

Yontu aletlerinde ise hava basıncı ve elektrik gücünü kullanan aletler ile zaman ve güç açısından tasarruf sağlanmıştır. Bu aletler binlerce yıl önce keşfedilmiş el aletleri ile aynı işi yapmalarına rağmen, aynı işlemi kas gücü ile yapmakla kıyaslandığında çok kısa sürelerde gerçekleştirmektedirler. 1922 yılında Hermann Ackermann ve Hermann Schmitt bir motor ve esnek milden oluşan ilk taşlama makinesinin temellerini atmışlardır ve aşındırıcı bir diske sahip düşük güçlü ilk taşlama makinesini 1935 yılında piyasaya sürmüşlerdir<sup>2</sup>. Constantin Brancusi, bu türdeki aletleri taş yontuda ilk kullanan heykeltıraşlardan biridir. Brancusi, Paris’te Georges Pompidou Kültür ve Ulusal Sanat Merkezlerinde orijinali bulunan 59 dakikalık bir filmde 1930’lu yıllara ait çekimlerde elektrikli bir taşlama makinesi ile taş yontmaktadır. 20. yüzyılda iletişim sayesinde dünyanın her yerindeki sanatçılar bu teknolojik gelişmelere anında ulaşabilmektedirler.

---

<sup>2</sup> [https://www.flex-tools.com/gb/Unternehmen/Historie\\_\\_\\_Vision.php?navid=21](https://www.flex-tools.com/gb/Unternehmen/Historie___Vision.php?navid=21)



**Görsel 11.** *Constantin Brancusi ve elektrikli taşlama makinası, 1930'lar*

Dijital sanat terimi ilk olarak 1950'li yılların sonlarına doğru Amerika'daki sanayi kuruluşları ve bilgisayar mühendisliği bölümleri olan üniversiteler arasında yerleşmeye başlamıştır. Aynı yıllarda sanatçılar ve bilim adamları dijital sanatla ilgili ortak çalışmalar gerçekleştirip, eserlerini sergilemekteydiler. 1966 yılında New York'ta Sanat ve Teknoloji ismiyle kurulan bir kuruluş çeşitli sanat dallarının teknoloji ile olan birlikteliğini deneyimlemeye olanak sağlamıştır. Önceden sadece bilgisayar monitörlerinden izlenen sanal dünya, gerçek fiziksel alandan ayrılmaya başlamıştır. Fakat 3B yazıcı teknolojilerinin gelişmesi ile bilgisayar ortamında tasarlanan üç boyutlu modellemeler fiziksel alana basılarak aktarılabilir. Normal şartlarda elle veya bir alet ile yapılamayacak ya da çok zor gerçekleştirilebilecek tasarımlar, ilk önce bilgisayar ortamında 3 boyutlu olarak modellendikten sonra 3B yazıcılar ve CNC makineleri sayesinde çok kolay ve süratli bir biçimde, üstelik düşük maliyetlerde üretilebilmektedir.

Heykel adına yeni aletlerin ve tekniklerin geliştirilmesi, sanatçıların estetik olanaklarının artırmış ve bu sayede dramatik bir etki yaratmıştır. Son 25 yılda heykel üretim süreci ve bu süreçte kullanılan aletlerde büyük değişimler gerçekleşmiştir. Farklı malzeme ve tarzlarda çalışan heykeltıraşlar ve kullanılan aletlerin üretildiği, temin edildiği endüstriden insanlarla konuşmalarında, değişimin şu dört ana alanda gerçekleştiği hakkında bir görüş birliği olduğu ortaya çıkmıştır. 1- Tek-

nolojide, özellikle bilgisayar ve mikroelektronikte devrim. 2- el aletlerinin kullanımının seyrekleşmesi, diğer taraftan elektrikli alet kullanımının artması. 3- Geniş bir yelpazede malzeme ve sürece ulaşılabilirlik. 4- Bireysel ve endüstriyel güvenliğin pratikte artması. Tüm bu gelişmelere rağmen, bazı süreçlerde son 100 yıl içerisinde çok küçük değişimler yaşanmıştır, örneğin gazaltı kaynağı. Çamur, taş, ahşap üzerinde modelaj gibi sanatsal yaratımın ilk anlarından beri var olan diğer teknikler ise aynı kalmıştır. 25 yıl önce güçlü kişisel bilgisayarlar ve bunların yaygınlığı bilimkurgu gibi görülebilirdi. Fakat günümüzde, teknoloji sayesinde pek çok heykeltıraş sadece tasarımları bilgisayarlarda üretmeyip, bunları çeşitli yazılımlar yardımıyla malzemeye hemen hemen tüm istenilen ölçülerde aktarabilmektedir. Endüstriyel kullanımı olan CAD/CAM (bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim) ve stereolitografi(SLA- karmaşık üç boyutlu formların sıvı fotopolimerlerin lazer ile işlenmesi sonucu oluşturulması) gibi yeni teknikler heykeltıraşlar tarafından keşfedilmeye başlanmıştır. (de Marchi, 1998)



**Görsel 12.** *TD Robotics firmasının atölyelerinde CNC makine ile taş işlenmesi*

Heykel 20. yüzyıl ve öncesinde olduğu gibi sadece taş, metal, bronz vb. gibi materyallerin işlenmesiyle üretilen bir sanat biçimi olmaktan çıkmıştır. 1960 sonrası sanatın kavramsal yönünün önem kazanması ile birlikte heykel bir düşünme eylemi haline gelmiş ve tasarım süreci büyük önem kazanmıştır. 21. Yüzyılda hem klasik malzemelerin yeniden teknoloji ile yorumları hem de malzeme kullanımında sınırların kalkması sonucu doğmuştur.

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİ

#### 2.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN TARİHİ

“Üç boyutlu yazıcı” tanımını ile bu ve teknolojilerin kullanım şekillerini belirtmeden önce, sanayi devriminden başlayarak değişen ve gelişen makinelerin üretime yönelik etkisini kavramak, 21. yüzyılda kullanılan teknolojik araçların sanat ve hayata olan katkısının anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Sanayileşme süreci ve Aydınlanma çağı, toplumsal yapıyı büyük ölçüde değiştirmiş, kentlerin nüfusunun artması, burjuvazinin aristokrasinin yerini alması, “sanat” kavramının özerkleşmesine 17. Yüzyıl’dan önceki anlamından ayrılmasına sebep olmuştur. Bu bağımsız “sanat” kurumunun 19. Yüzyıl’da temsil problemlerinden sıyrılması ve heykelerde anıtsallık vurgusunun terkedilmeye başlanması, 20. yüzyılda heykel sanatında yeni tekniklerin kullanımının önünü açmıştır. Elektrikli aletlerin ve yeni malzemelerin sanat yapıtlarında kullanılmaya başlanması bu teknolojilerin günlük hayatta etkilerinin artmasının bir sonucudur.

Üretime yönelik büyük değişimlerin yaşandığı Sanayi Devrimi’nde sömürgeler sayesinde hammadde fazlalığına rağmen iç pazar ve sömürge pazarları için üretimin yetersizliği, zanaatkarların sanayileşmeye ilk buluşlarını gerçekleştirmelerini sağlamıştır. Devrim, öncelikle dokuma ve demir sanayiinde gerçekleşmiştir. Buluşlar sayesinde üretimin artması yeni buluşların önünü açmıştır. 18. yüzyılda John Kay’in yapmış olduğu “uçan mekik” makinesi sayesinde daha hızlı dokunan iplik, iplik ihtiyacını artırmış, buna paralel olarak James Hargreaves iplik üretimini hızlandıracak bir makine icat etmiştir. Richard Arkwright tarafından bulunan su gücüyle çalışan makine, seri imalata olanak sağlayarak ilk dokuma fabrikasının 1771’de kurulmasını sağlamıştır, ardından 1775’te James Watt’ın yaptığı bir buhar makinası ile kentlerde de fabrikalar açılmış ve üretim daha da artmıştır. (Bingöl vd. 2011: 340)



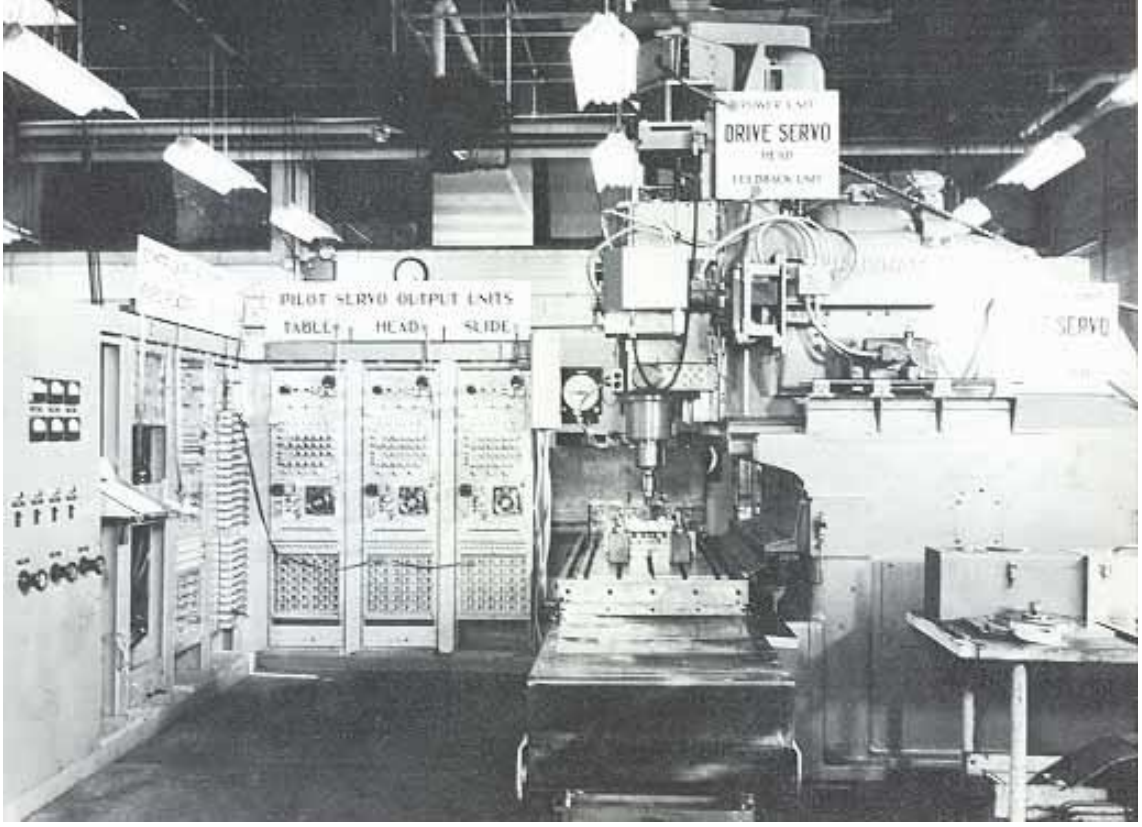
Üretimdeki gelişmelerin yanında elektronik ve dijital gelişmelerin de önemini vurgulamak gerekmektedir. Sonuçta bu teknolojiler, bilgisayar yazılımları, motorlar ve mekanik parçalar, elektronik aksamalar vb. pek çok elemanın uyumu sonucunda çalışabilir hale gelmişlerdir.

Bilgisayar devriminin temelini oluşturan altyapı, gerçek anlamıyla on dokuzuncu yüzyılda, bilimsel ilerlemelerle icatlara bolca rastlandığı bir dönemde yerleşmişti. 1834'te Charles Babbage, bugünkü bilgisayarların elle çalıştırılan, mekanik bir makine olan Analitik Motor'u tasarladı. Hesaplama tarihiyle ilintili diğer gelişmeler, telgraf ile Mors alfabesinin (ilkel bir ikili sistemin habercisi) icadı, ilk klavyenin (ilk başta daktilo için) tasarlanması ve 1876'da Alexander Graham Bell'in telefonu icadıydı. ...Söz konusu ilerlemeler, mekanik ve elektronik medya çağını müjdelemekteydi. (Wands, 2006: 20)

Sanayi Devrimi sonrası görülen teknolojik buluşların birbirini tetiklemesi, 20. Yüzyıl ikinci yarısı ve sonrasına uzanan üç boyutlu baskı teknolojilerinin gelişimini etkilemiştir. 18. yüzyılda endüstriyel üretimdeki gelişmelerden sonra buhar gücü, daha sonra elektrik kullanımının yaygınlaşması ve son olarak 1913 yılında Henry Ford'un ilk üretim bandını harekete geçirmesiyle<sup>3</sup> beraber kitlesel seri üretim ve kitlesel tüketimin önünün açılması, üretimde yeni arayışların, otomatikleşme sürecinin önünü açmıştır.

---

<sup>3</sup> <http://www.history.com/this-day-in-history/fords-assembly-line-starts-rolling>



**Görsel 13.** 1952 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde tanıtılan ilk CNC makinesi

İkinci Dünya Savaşı ardından 1940'ların sonlarında, John Parsons tarafından ortaya atılan sayısal kontrol sistemi fikri, CNC (computer numerical control) sistemlerinin temelini oluşturmuştur ve ilk ticari sayısal kontrol (NC) makinesi 1952 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü(M.I.T.)'nde üretilmiştir(Olexa, e-dergi, 2001)(Görsel – 13). CNC makineleri, parametre ve değişkenleri sürekli olarak bilgisayar tarafından kontrol edilip, önceden insan kontrolü ile yapılmış sürecin otomatik bir biçimde tekrarlanmasını sağlarlar ve genellikle sayısal olarak kontrol edilen bir torna ve aşındırıcı bölümden oluşan, blok malzemeden insan müdahalesi olmadan karmaşık formlu bir parçayı çıkartabilen makinelerdir(Bradshaw, 2010: 7). CNC makineleri, eksiltme yoluyla otomatik bir işlem ile istenilen formların üretilmesi için heykeltıraşlara zaman, güç açısından tasarruf sağlamıştır.

1974'te David Jones'un New Scientist dergisinde yayınlamış olduğu makalede sıvı monomerlerin katılaştırılarak istenilen forma getirilebileceğine yönelik yapmış olduğu çalışma, üç boyutlu baskı, bir başka deyişle hızlı prototipleme için esin kaynağı olmuştur(Demirbaş, 2015: 5). 1970'lere kadar eklemeli üretime dair pek gelişme olmamıştır. Fakat David Jones'un makalesi sayesinde üç boyutlu baskı teknolojilerinin tarihi başlamıştır. Makalede, sıvı plastik polimer üzerine lazer tutulduğunda lazerin temas ettiği yol boyunca sıvı polimerin katılaşması öngörülmüştür ve bilgisayar kontrolü ile doğru değişkenler kullanılarak sıvı materyal içerisinden istenilen formun katmanlar halinde çıkarılabileceğini savunmuştur(Bradshaw, 2010: 7). 1977'de ise Wyn Kelly Swainson aslen Jones'a ait olan bu fikrin patentini almıştır(Bradshaw, 2010: 8). Simon Bradshaw, bu patentin alınması ile beraber başlayan endüstride, üç boyutlu baskı teknolojisinin farklı bir tanımı olan "hızlı prototipleme"nin neden böyle adlandırıldığını şöyle açıklamaktadır:

Bu, mühendislerin kimi zaman hızlı prototipleme endüstrisi olarak adlandırdıkları 3D baskı endüstrisinin başlangıcıydı. (sonraki terim son yıllarda geçerliliğini yitirmektedir – alanı hızla genişlemektedir.) "Hızlı" olarak anılmasının sebebi geleneksel sayısal kontrollü makinelerden daha hızlı ve kolay çalışılması, "prototipleme" denmesinin sebebi ise üretim için görece yavaş ve pahalı kalmasıdır (Örneğin, bu yöntem bir parçanın çoklu kopyalarının üretilmesi için enjeksiyonlu dö-küm ile karşılaştırılamamaktadır). (Bradshaw, 2010: 8)

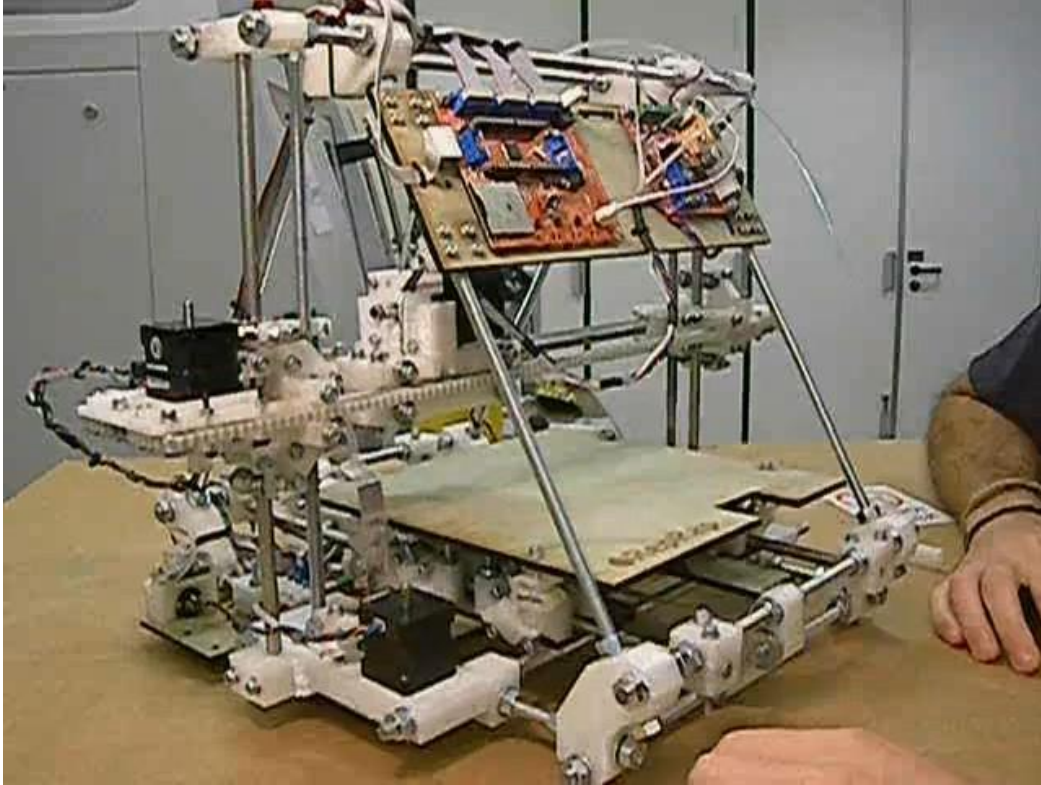
Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin CNC makinelerine göre dezavantajları ve avantajları bulunmaktadır. CNC makineleri ile özellikle, çelik, mermer gibi sert malzemelerden, polistiren köpük gibi yumuşak malzemelere kadar pek çok farklı malzeme türü işlenebilmektedir. Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan hammadde çeşitliliği CNC makinelerden daha yavaş artmaktadır. Fakat bu dezavantaj süreç içinde azalmaktadır. Makinelerin kullanımı için gerekli olan yazılımlar için şunlar söylenebilir; CNC yönteminde kesme rotasının belirlenmesi için kullanılan hesaplamalar, katmanlar halinde üretim yapan 3B yazıcılarda kullanılan hesaplamalardan daha karmaşık olmaktadır, çünkü malzemeyi kesen - püskürten uçlar, üç boyutlu işleme yapan CNC makinelerde daha fazla eksene sahiptirler.



**Görsel 14.** *SLA-1 isimli ilk Stereolitografi yöntemiyle çalışan 3B yazıcı*

İlk üç boyutlu yazıcılar, “Hızlı Prototipleme” adı altında üretilmiş, “Eklemeli Üretim” ve “Üç Boyutlu Yazıcı” tanımları daha sonra ortaya çıkmıştır. 1984 yılında Charles Hulls, yöntemi David Jones’un makalesindekiyle örtüşen yunanca stereo (katı cisim), litho(taş), ve graphien(yazmak) kelimelerinin birleşmesiyle “stereolitografi” olarak adlandırdığı tekniği icat etmiştir(Biehler, 2014: 1)(Görsel – 14). Hulls aynı zamanda 3B yazıcılarda en sık kullanılan dijital format, STL dosya formatının oluşturulmasına katkıda bulunmuş ve Teksas Üniversitesi’nden Dr. Carl Deckard 1986 yılında geliştirmiş olduğu seçmeli lazer sinterleme teknolojisinin patentini 1989 yılında almıştır(4,863,538 no’lu Birleşik Devletler Patenti, 1989 : 1). 1980’li yılların sonunda Scott Crump tarafından geliştirilen eriyik dökerek modelleme teknolojisi (FDM) kendi kurmuş olduğu Stratays isimli şirket tarafından ticarileştirilmiştir(Warnier, Verbruggen, derleme, 2014: 14). Böylece en temel ve yaygın kullanıma sahip üç boyutlu yazıcı teknolojileri 1980’li yıllarda icat edilmiş, fakat bunların masaüstü bilgisayar, cep telefonuna benzer bir şekilde son kullanıcıya yaygınlaşması için 2000 ve 2010’lu yılları beklemek gerekmiştir. Yazılım ve donanım açısından özgürleşme sağlanmış ve yazıcıların maliyetleri düşmüştür. Ev kullanımı için en

yaygın yöntem olarak görülen FDM teknolojisine dair Stratasys firmasının elinde bulunan bazı önemli patentlerinin 2009 yılında sürelerinin dolması, MakerBot ve Ultimaker gibi masaüstü 3B yazıcıların çoğunun temelini oluşturan açık kaynak kodlu RepRap Projesi benzeri alternatifler türemesinin önünü açmıştır(Warnier, Verbruggen, derleme, 2014: 14)(Görsel – 15).



**Görsel 15.** RepRap topluluğu tarafından üretilen 2.0 (Mendel) isimli 3B yazıcı modeli

Fused deposition modeling ve kısaltması olan FDM terimleri Stratasys firması tarafından markalaştırılmıştır. Eşdeğer terim, fused filament fabrication ya da FFF, RepRap topluluğu tarafından hukuki olarak serbest bir alternatif olarak bulunmuştur. Endüstrinin FDM için standart terim materyal püskürtme olmasına rağmen Bazı üreticiler “plastic jet printing” olarak bunu isimlendirmişlerdir. (Warnier, Verbruggen, derleme, 2014: 14).

Üç boyutlu nesnelerin bu teknolojiler yardımıyla dijital ya da fiziksel olarak tekrar üretilebilir olması kopyalama, çoğaltma, fikri mülkiyet bağlamında hukuki sorunlara yol açabilmektedir. Oluşabilecek bu sorunlar üzerine tartışmalar, fotoğraf, ses kaydı, sinema

ve benzeri teknolojilerin ortaya çıkması ile doğan tartışmalar ile benzerlik göstermektedir. Üç boyutlu yazıcıların hammaddenin elde edilip işlenmesi, pazarlanması ve ürünün son kullanıcıya ulaşması sürecini değiştirmesi, geleneksel fordist üretim biçimi ve üretici tüketici ilişkileri bağlamında yeni yaklaşımlar oluşturulmasını gerektirmiştir. Tüketici, kullanmak istediği ürünün aynı zamanda üreticisi konumuna gelmiştir. İnternetin gerçekleştirdiği iletişim devrimi, toplumun teknoloji ile olan ilişkisini kökten değiştirmiş, endüstri ile tüketici arasında bazı çatışmalara sebep olmuştur. Örneğin ilk plakların ortaya çıkmasından itibaren çoğaltma yöntemiyle tekel olmuş müzik endüstrisi, 21. Yüzyıl itibarıyla üstünlüğünü dijital ortamda korumaya çabalamakta, şirketler ve siyasal yönetimler, internet üzerinde kontrol mekanizmalarını güçlendirmeye çalışmaktadırlar. Böyle bir ortamda malzeme ve teknik olanaklar bakımından hızla genişleyen üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin toplumsal normlar içinde konumlandırma süreci halen devam etmektedir.

## **2.2. ÜÇ BOYUTLU BASKI YÖNTEMLERİ**

Bu başlık altında malzemeyi bağlama, birleştirme tekniğine göre birbirinden ayrılan üç boyutlu baskı teknolojisinin türleri sunulmuştur. Üç boyutlu baskı, teknolojiler sürekli evrilmesine rağmen, dijital bir dosyaya bağlı olarak objelerin katmanlar halinde üretilmesi temeline dayanmaktadır. Katmanların oluşturulması, toz ya da sıvı haldeki malzemenin birbirine bağlanması veya bir uçtan çıkartılarak daha önce oluşturulmuş katmanlara eklenmesiyle sağlanmaktadır. Kullanım açısından en yaygın kullanılan yöntemler, stereolitografi (SLA) (Reçine Kürleme), selective laser sintering (SLS) (seçmeli lazer sinterleme) ve fused deposition modeling (FDM) (eriyik dökerek modelleme)dir. Bu yöntemler yazıcının üreticisine ve modeline göre farklılaşmaktadırlar. Benzer yöntemler, malzeme, süreç vb. etkenlere bağlı olarak değişik isimler almaktadırlar.

### 2.2.1. Stereolitografi (Reçine Kürleme) (SLA)

Stereolitografi, bir makaleden yola çıkılarak üç boyutlu yazıcılara doğru uzanan süreç içerisinde ilk defa ticarileşen teknik olmuştur. Bu teknikte fotopolimerizasyon adı verilen bir süreç kullanılmaktadır. Fotopolimerler, türüne göre ışığın farklı dalga boylarına maruz kaldığında fiziksel ve kimyasal yapısında değişme görülen maddelerdir. Analog fotoğrafçılıkta kullanılan filmler, baskı yapılan kâğıtlar, ışığa duyarlı maddelerin tepkilerine göre görüntüyü hapsedmektedirler. Ayrıca bu malzemeler matbaacılıkta kullanılan litografi ve serigrafik tekniklerinde, boya, kaplama ve yapıştırıcı sanayisinde de kullanılmaktadırlar.



**Görsel 16.** *François Willème, Foto-heykel otoportre, 1860'lar*

Fotopolimerlerin ilk defa heykel sanatında kullanımı ise fotoğraf tarihi ile yaşıt sayılabilmektedir, François Willème isimli 1830 doğumlu sanatçı, almış olduğu patent ile fotoheykel olarak tanımladığı eserler üretmiştir. Yaptığı figürlerinin objektif olarak gerçekçi bir biçimde görünmesini sağlamak amacıyla, modelin 24 farklı açıdan fotoğrafını çekip bunları bir tür pantograf yardımıyla katmanlar halinde malzemeye aktarıp bu katmanlardan yararlanarak foto-heykelleri yapmıştır<sup>4</sup>. François Willème 1859 yılında bulduğu bu yöntem ile 21. yüzyıl üç boyutlu tarama ve baskı teknolojilerinin ilkel bir türünü kullandığı söylenebilmektedir (Görsel – 16).

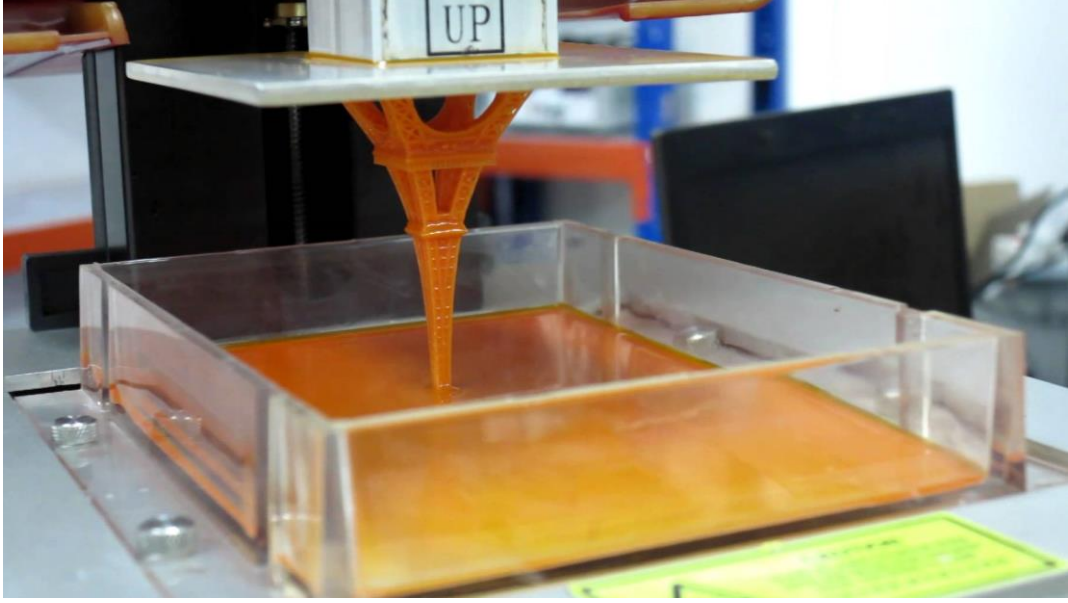
Fotopolimerlerin SLA üç boyutlu baskı tekniği olarak kullanımında bir tür reçine olan sıvı polimerler, ışığa maruz kaldığında katılaşmaktadır. Bir lazer, sıvı reçine dolu kabın yüzeyinde çıktısı istenilen objenin sınırlarını çizerek enine kesitlerini katılaştırırlar daha sonra bir üzerinde biriken katmanlar platformun hareketiyle birbirlerine bağlanırlar(Warrier, Verbruggen, derleme, 2014: 10)(Görsel – 17). Basitçe anlatılmış bu yöntemin teknik ayrıntıları şöyledir:

SLA, CAD verisinden doğrudan 3D plastik parçalar üretir. SLA, mucidi Charles Hull'un çalışmasına dayalı 3D Systems tarafından 1988 yılında tanıtılan ilk hızlı prototipleme prosesidir. Proses, fotopolimer sıvı reçinenin bir tankın içine doldurulması ve bir hareketli platformun sıvı reçine yüzeyinin hemen altında yer alması ile başlar. Bilgisayar kontrollü tarama sistemi ile sıvı reçine yüzeyinde daha önceden yazılımla dilimlenmiş kesitlere karşılık gelen kısımlar, UV lazer ile katılır. Katman tamamlandığında, platform katman kalınlığı kadar alta çekilir. Katman kalınlığı 0.025 ile 0.5 mm arasında değişmektedir. Ortaya çıkan boş hacme tekrar vakumlu bıçak ile yeni bir kat sıvı fotopolimer kaplanır. Sonraki katman bir önceki katman üzerine oluşturularak tamamlanır. Malzemenin yapışkanlığı sayesinde katmanlar birbirine yapışır. İnşa süresince parçanın altlarında boş olan kısımlara parçanın oynamaması için destekler inşa edilir. İşlem sonrası destekler asıl parçadan ayrılırlar(Çelik vd. 2013: 57)

---

<sup>4</sup> <http://3daddfab.com/blog/index.php/?archives/8-1859-The-Year-3D-Printing-Hit-the-Mainstream.html>





**Görsel 17.** SLA yazıcıda 3B baskı süreci

Bu yöntemde katman kalınlıklarının az olması sebebiyle ayrıntılı, katmanların ayrımlarının hissedilmediği yüzeyler oluşturulmaktadır. Diğer yöntemlerden farklı olarak, objenin sıvı içerisinde çıkartılmasından dolayı, çıkıntılı formlar, ters açılar, ve birbirinden ayrı parçalar üretilirken daha sonra temizlenmek üzere destek yapılar baskıya eklenmektedir. Yüksek çözünürlüklü çıktılar elde edilmesine rağmen stereolitografide, çıktılarının sağlamlıkları diğer yöntemlere göre düşük seviyede kalmaktadır. SLA 1980'lerin sonlarına doğru 3D Systems adlı şirket tarafından ticarileştirilmiştir. FormLabs tarafından stereolitografik işleme dayalı ilk masaüstü 3B yazıcı olan Form 1 modeli 2012 yılında satışa sunulmuştur(Warnier, Verbruggen, derleme, 2014: 11).

### **2.2.2. Seçmeli Lazer Sinterleme (selective laser sintering ) (SLS)**

Sık kullanılan bir diğer üç boyutlu baskı tekniği olan seçmeli lazer sinterleme, kısaltılmış adıyla SLS tekniğinde, güçlü bir lazer ile toz halindeki malzeme eritilip birleştirilir, istenen form oluşturulur. SLA'daki gibi malzemenin fotopolimer özellikler göstermesine ge-

rek duyulmamaktadır, lazerin toz malzeme üzerine ısı enerjisi vermesi ile bağlama gerçekleştirilmektedir(Görsel – 18). Toz madde, depolandığı haznede her katman oluştuğunda yeniden dökülür. Bu yöntemin teknik ayrıntıları şöyledir:

SLS prosesi, toz malzeme kullanarak, ısı oluşumunu sağlayan CO2 lazer ile katman katman CAD verisinden 3D parçalar oluşturur. Isıtıldığında bir biri ile birleşebilen toz halindeki inşa malzemesi ince ve düz bir tabaka şeklinde katman kalınlığı kadar üretim tablası üzerine yayılır.CO2 lazer, tarayıcı sistem aracılığı ile tabaka şeklindeki tozlar üzerinde seçilen bölgeleri tarar ve ilk katman inşası biter. Sonra diğer katman inşası için tezgah tablası altındaki platform, katman kalınlığı kadar aşağı iner. Toz yayıcı mekanizma aracılığıyla bir önce taranmış katmanın üzerine yeni katman kalınlığı kadar toz serilir ve lazer ile taranır. Bu işlem model oluşuncaya kadar devam eder. Sinterleme işleminin tamamlanmasından sonra sinterleme istasyonunun soğuması için bir süre beklenir. Sonra parça, tezgâh üretim tablası üzerinden alınır ve doğal destek görevi üstlenmiş tozlar, fırça veya vakumlu süpürge ile temizlenir(Şekil 10). SLS parçaları kumlama, isteğe bağlı boyama gibi son işlemlere ihtiyaç duyar. SLS sistemi, sinterleme istasyonunun dışında, kullanılmış tozun belirli oranda yeniden kullanılmasını sağlayan geri dönüşüm sistemini içerir. (Çelik vd. 2013: 62)



**Görsel 18.** SLS baskı sonrasında çıktının tozlardan arındırılması

SLS tekniği görece hızlı üretim yapılmasını sağlamakta ve çıktılar diğer tekniklerdekilere göre daha mukavemetli olmaktadır. Toz halinde bulunabilen ve ısıyla eriyebilen çoğu hammadde kullanılabilindiğinden, malzeme yelpazesi geniştir. Bu makinelerde çoğunlukla

plastik türevleri kullanılmakta, metal, seramik, cam, kum ve kompozit malzemeler için de yeni teknikler geliştirilmektedir(Warnier, Verbruggen, derleme, 2014: 11). Objeye katılmayan tozlar, ters açılar gibi zorlayıcı formlar için destek görevi görmektedirler. Bu sebeple fazladan destek yapılarına ihtiyaç bulunmamaktadır.

SLS tekniği Carl Deckard ve Beaman Teksas Üniversitesinde 1980'lerin ortalarında keşfedilmiştir. Daha sonra 1988'de DTM adında bir şirket kurup bu tekniği ticarileştirmişlerdir. 2014 yılında SLS patentinin aslının süresi bitmesi, SLS'ye dayalı üç boyutlu yazıcılara erişilebilirliğin önünü açmıştır(Warnier, Verbruggen, derleme, 2014: 12).

### **2.2.3. Eriyik Dökerek Modelleme (Fused Deposition Modeling) (FDM)**

Eriyik Dökerek Modelleme tekniğinde (FDM) termoplastik filament (lif) yazıcının bir bölümünde eritilip ardından ince bir sıcak uçtan çıkartılır, obje bu eritilmiş liflerin bir önceki katmana soğutucu ile anında soğutulup bağlanmasıyla oluşturulur. Burada görülen işlem sıcak silikon tabancasının bir benzeridir. Teknoloji gelişmesine rağmen diğer tekniklere göre katmanlar daha belirgindir, fakat termoplastiklerin mekanik özellikleri, baskısı yapılan objeyi sağlam kılar.



**Görsel 19.** FDM tekniğiyle baskı yapan bir 3B yazıcı ve içinde çıktı obje

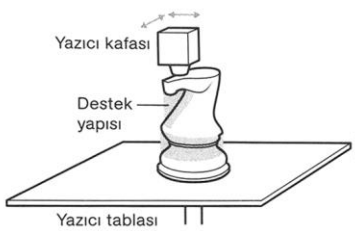
FDM 3B yazıcılarda çoğunlukla ABS(Akrilonitril bütadien stiren), PLA (Polilaktik asit - organik maddelerin geri dönüşümü ile üretilen bir tür plastik) gibi termoplastikler kullanılmaktadır. Toz halinde ahşap, metal, seramik benzeri maddelerin termoplastik bağlayıcılarla karıştırılıp bazı kompozit malzemeler ayrıca geliştirilmiştir(Warnier, Verbruggen, derleme, 2014: 14). Doğrudan metal filament kullanılan deneysel yöntemler de bulunmaktadır. Bu tekniğin ayrıntılı baskı süreci şöyledir:

Bu proseste bir plastik veya mum malzeme parçanın kesit geometrisini izleyen bir nozul içinden ekstrüzyon edilir. Model malzemesi ince plastik tel (filament) şeklindedir. Bazen filament yerine hazneden beslenen plastik granül de kullanılmaktadır. Nozul, termoplastiği ergime noktasının hemen üzerindeki bir sıcaklıkta tutmaya yarayan bir ısıtıcı eleman içerir ve böylece plastik kolayca nozul üzerinden akar ve bir katman oluşur. Plastik nozuldaki aktıktan sonra aniden sertleşir ve aşağıdaki katmana yapışır. Bir katmanın yapımı tamamlandıktan sonra platform aşağıya iner ve ekstrüzyon nozulu diğer katmanı inşa eder. Katman kalınlığı ve düşey boyut hassasiyeti ekstrüzyon nozulunun çapına bağlıdır. Bu çap 0.178 mm ile 0.356 mm arasında değişir. XY düzleminde 0.025 mm çözünürlüğe ulaşılabilir. (Çelik vd. 2013: 59)

Bu teknikte obje boşluk içerisinde basıldığından genellikle zemine 45 dereceden küçük ters açılarda, çıkıntı formlarda destek yapılarına gerek duyulmaktadır. Kimi zaman bu destek yapıların üretilmesi için farklı bir malzeme kullanılan ikinci bir sıcak uç bulunmaktadır. Aynı zamanda uçlar artırılarak bazı yazıcılarda renk karışımı sağlanabilmektedir.

### ÜÇBOYUTLU BASKININ ÜÇ FARKLI YÖNTEMİ

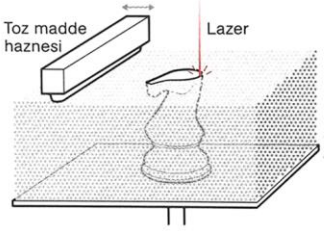
“Üçboyutlu baskı” terimi farklı teknolojileri içeriyor ama aslında hepsinin ardında aynı temel kural yatıyor: Kat kat malzeme dökerek bir obje inşa etmek. Maliyet, hız, doğruluk ve kullanılan malzemede farklılıklar gösteren yöntemlerin her birinin kendine özgü avantajları var.



#### Eriyik Dökerek Modelleme

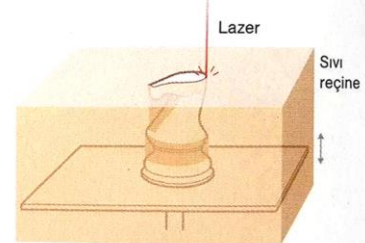
Yazıcıya plastik lif dolduruluyor, eritiliyor ve kendi kendine sertleşen katmanlar halinde dökülüyor. Ofisler açısından uygun bir yöntem; dolayısıyla kişisel masaüstü yazıcıları için ideal bir teknoloji.

MATTHEW TWOMBLY  
VE ALEXANDER STEGMAIER.  
KAYNAK: HOD LIPSON,  
CORNELL ÜNİVERSİTESİ (ABD)



#### Seçmeli Lazer Sinterleme

Metal ya da plastik gibi bir madde toz halinde seriliyor, üzerinden geçen lazer, tozu, altındaki katmanla selektif olarak kaynaştırıyor. Bu yöntem, baskı yapılabilecek malzeme olasılıklarını artırıyor.



#### Stereolitografi (Reçine Kütleme)

Işığa duyarlı sıvı reçine, lazere ya da kızılötesi ışığa maruz bırakılarak sertleşiyor. Bu yöntemle hızlı ve yüksek çözünürlüklü objeler ortaya çıkıyor ama sağlamlıkları kısıtlı oluyor.

**Görsel 20.** FDM, SLS, ve SLA tekniklerinin bir infografik ile karşılaştırılması, *National Geographic*, Aralık 2014, s:84

#### **2.2.4. Diğer Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojileri**

Üç boyutlu yazıcı teknolojilerin temel üç türünden başka farklı malzemelerin kullanımı, hata, maliyet, hız, ayrıntı ve benzeri konularda iyileştirme sağlamak amacıyla yeni teknikler üretilmektedir. Polyjet adı verilen teknikte sıvı fotopolimer ev tipi iki boyutlu yazıcılarda kullanılan inkjet metodundaki gibi bir uçtan çıkartılır, sonrasında ultraviyole ışık yardımıyla sertleştirilerek çıktı alınır. Bu teknik SLA ve FDM teknolojilerinin bir karışımıdır. 3DP (Z Corp Three-Dimensional Printing) tekniği ile, tozdan malzeme polyjet yöntemi benzeri ink-jet teknolojisine dayalı olarak üst üste yapıştırılarak hızlı ve ucuz parçalar üretilmektedir(Turhan, 2006: 34). DMLS (Direct Metal Laser Sintering) tekniğinde lazer ışını, CAD dosyasından aldığı bilgilerle, ince bir tabaka halinde yüzeye serpilmiş metal tozlarını birleştirir ve diğer teknolojilerde olduğu gibi yapı, katmanlardan oluşur, makine çalışırken obje biçimlendirildiği odacıkta aşağı doğru hareket ettirilerek tabakalar üst üste yığılır(Turhan, 2006: 34). Yeni teknolojilerin geliştirilmesi, üç boyutlu yazıcıların kullanım alanlarını genişletmekte ve insanların gündelik yaşamına giderek artan bir şekilde adapte olmalarını sağlamaktadır.

### **2.3. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIM ALANLARI**

Hammaddeyi kullanarak insan eli değmeden obje çıkartan 3B yazıcılar, malzeme ve bu malzemeleri işleyebilecek tekniklerin olanaklarını kullanabilen alanlarda üretim yöntemi olarak kullanılabilir. Bu teknolojilerde hammaddelerin fiyatları düştükçe ve aletlerin ulaşılabilirliği arttıkça ev tipi yazıcılar, telefon, iki boyutlu yazıcılar, bilgisayar gibi her eve girecek ve pek çok gündelik ihtiyaç doğrultusunda kullanılacaklardır. İnternetin sağladığı bilgi erişimi sayesinde pek çok web sitesinden ücretli ya da ücretsiz basıma hazır veya yazılımlarla düzenlenebilir CAD modelleri indirilebilmektedir. Fakat endüstriyel 3B yazıcılar ile ev tipi olanlar arasında üretim olanakları açısından farklar bulunmaktadır. Teknikleri aynı olsa da belli malzemeler ve boyutlar doğrultusunda özelleşmiş yazıcılar, sürekli gelişmektedir ve her yeni teknolojiyle beraber farklı alanlarda 3B yazıcılar görülmektedir.

Mühendislik alanlarında doğru ve görsel karar verme mekanizması sağlamak için gerçek modelleme, prototip yapımı, kalıp tasarımı, analiz, tasarım döngüsündeki zamanı azaltmak, ürün geliştirmek, üretim maliyetini azaltmak, yeni ürünleri tanıtmak, mevcut ürün özelliklerini değiştirmek, kompleks parçaları üretebilmek, tasarım ve imalatın entegrasyonunu sağlamak 3B yazıcıları kullanma amaçlarındandır (Çelik vd., 2013: 65) Tıp alanında diş ve organ protezleri üretilmektedir. “Harvard Üniversitesi’nde bir grup araştırmacı, içinden kan damarları geçen canlı bir doku bastılar. Bu gelecekte bir hastanın kendi hücrelerinden organ naklini mümkün kılma yolunda atılmış oldukça önemli bir adım.(Clark, 2014, 88)”

Ayrıca 3B yazıcıların moda, kuyumculuk ve benzeri tasarım alanlarında kullanımı sıklaşmıştır. Matematik, fizik gibi temel bilimlerde karmaşık modellerin hızlıca üretilmesini sağlamak ve hesaplamaların sonuçlarını görmek, bilim adamlarına avantajlar sağlamaktadır. Arkeolojide, tarama yöntemleriyle arşiv ve belgelemeye katkı sağlanmış, aynı zamanda buluntular, 3B yazıcılarda üretilip sergilenmektedir. “1.9 milyon yıllık homo habilis kafatasının polimer reçineden kopyası, üç boyutlu yazıcıda 15 saatte basılıyor.(Clark, 2014, 79)”. Ayrıca bu modeller eğitimlerde kullanılabilir.



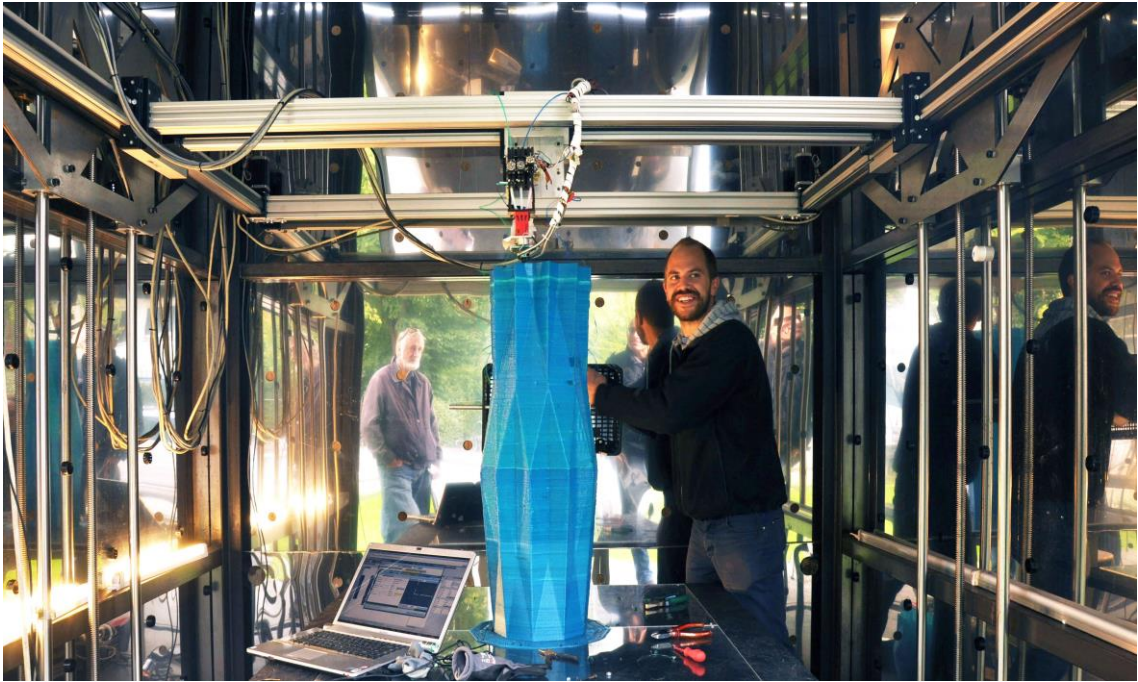
**Görsel 21.** Kenya Ulusal Müzelerinden Homo Habilis kafatası çıktısı



Mimari’de haritalamada ve topografi alanında kullanılan teknolojiler dışında, büyük boyutlu yazıcıların kullanılmaya başlanması köprü ve binaların binaların 3B yazıcılar ile inşasını mümkün kılmıştır.

Amsterdam’ın Buikloter Kanalı kıyısında bir evin baskısını yapan Hollandalı mimarlık şirketi DUS’un ortaklarından Hedwig Heinsman, “Hepimiz üçboyutlu baskının gelecekte büyük bir rol oynayacağını biliyoruz,” diyor.

Altı metrelik KamerMaker yazıcısı üç yıl boyunca duvarlar, pervazlar ve odalar yaratacak; malzemeler, tasarımlar, konseptler deneyecek. Heinsman, “Gün gelecek, ev planları iTunes’den bir şey satın alınmış gibi seçilip indirilecek, birkaç tıklama ile istenilen şekilde değiştirilecek, yazıcı arsaya getirilip ev inşa edilecek,” diye ekliyor.(Clark, 2014, 80)



**Görsel 22.** *Büyük boyutlu KamerMaker isimli 3B yazıcının iç görüntüsü*

Bu teknolojiler geleneksel seri üretim karşısında yavaş kalsalar, büyük firmalar tarafından gelecek planlarına dahil edilmişlerdir. Kişisel kullanımlar ise, insanoğlunun yaratıcılığına bağlı olmaya devam etmektedir. Bu yaratıcılık bazen hukuk ve sağlık tehlikeli sonuçlar doğurmaktadır. “Örneğin, aktivist Cody Wilson, Mayıs 2013’te dünyanın üç boyutlu basılmış ilk tabancasını deneyeceğini duyurduğunda büyük haber oldu. Liberator adını verdiği tek atımlık .38 kalibre tabanca 60 dolar değerinde plastik kullanılarak yapılmıştı(Clark, 2014, 88)(Görsel – 23).”



2010'ların ortalarına gelindiğinde bu teknolojiler sayesinde pek çok alanda üç boyutlu yazıcıların kullanımının geliştirilmekte olduğu görülmektedir. Heykel özelinde sanat alanında ise 3B yazıcı teknolojileri, araç, tasarımı tetikleyen bir kaynak, kimi zaman da yapılan heykelin kendisi olarak kullanılabilirler.



**Görsel 23.** *Cody Wilson ve ellerinde bulunan 3B baskı tabanca*

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİNİ KULLANAN SANATÇILAR

Teknolojinin ve bilimin sanat üzerindeki etkisini gören sanatçılar, eserlerinde 20. Ve 21. Yüzyılın bu iki ögesini araç, ortam, kavram olarak kullanarak bir şekilde hissettirmektedirler. Özellikle 1960 sonrası görülen yeni malzemelerin ve tekniklerin sanat yapıtlarında özgürce kullanımı, sanatçılara yeni kapılar aralamıştır. Dijital ortamı kullanarak üç boyutlu nesnelere yaratmak endüstrideki CAD / CAM kısaltmalarıyla bilinen bilgisayar destekli tasarım ve üretim (Computer Aided Design – Manufacturing) teknolojileri ile başlamıştır. Bu teknolojiler otomobil, uzay ve askeri endüstrilerde kullanılmak için geliştirilmiş olup daha sonra endüstriyel tasarım ve mimari alanlarında da kullanılmışlardır. Teknolojinin kullanıldığı alanların dışında da ulaşılabilirliği arttığına, sanatçılar bunları kullanmaya başlamışlardır.

Bilgisayarlı grafik işleme yazılımlarının gelişmesi, fraktal sanat da olduğu gibi, sanatçının fiziksel ortamda gerçekleştiremeyeceği modelleri uygulayabilme olanağı sağlamıştır. Mimari tasarım, endüstriyel tasarım, resim, fotoğraf, grafik ve film sektöründe yıllardır kullanılan bu yazılımlar, heykel, müzik ve diğer disiplinler arasında hızla yayılmaya başlamıştır. Dijital heykel, her ne kadar hala tartışmalara neden olsa da, heykelin alanını genişletmeye olanak sağladığı açıktır. (DORUKER, 2013: 100, 101)

CNC makineleri ve CAD / CAM yazılımlarından sonra gelen üç boyutlu baskı teknolojileri de bu sefer iletişim olanaklarının da verdiği avantaj ile sanatçılar kısa sürede bu teknolojilere adapte olmuşlardır.

Geometrik şekillerin dijital model formunda temsili neredeyse tüm tasarımlarda bazı avantajlar sunar. Değişkenlerin bulunduğu, düzenli tanımlar kolayca pek çok çözüm keşfedilmesini ve iyi ayarlanmış tasarımların oluşmasını sağlarlar. Bilgisayarın geometrik yardımıyla, geleneksel el üretiminden daha karmaşık tasarımlar oluşturulabilir. Modeller, küçük boyutlu, fabrikasyona hazır modellerden, büyük heykellerin döküme ve kalıba uygun parçalarının üretimine kadar farklı boyutlarda çıkartılabilir. RP(Rapid Prototyping) daha çok tanındıkça ve ucuzladıkça, sanatçılar, bilim adamları, matematikçiler ve daha pek çok olası kullanıcı, bu güçlü görsel aletin teknolojisine sırtlarını dayamaya başlamışlardır. (Sequin, 2005)

Bu bölümde CNC ve benzeri diğer teknolojilerin dışında dışında 3B baskıyı çalışmalarında bir şekilde kullanmış sanatçılar incelenecektir.

### 3.1. ROXY PAINE VE ANISH KAPOOR

Üç boyutlu yazıcı teknolojilerini kullanarak bu iki sanatçı, benzer yaklaşımlarla üretilmiş işler yapmışlardır. 1966 New York doğumlu Amerikan heykeltıraş Roxy Paine, 1990'lerden itibaren uluslararası pek çok sergide yer almış, ödüller kazanmıştır. İçinde bulunduğu makineler dünyasına ait karşıt kavramlar, renkler, formlar ve ölçekleri birleştirip kullanarak izleyiciyi kışkırtan, soru sordurtan heykeller üretmiştir. İnsanın algıladığı dünyadaki kararsızlığı, sanal – gerçek, doğa – endüstri ve benzeri ikiliklerden yola çıkarak izleyiciye aktarmaktadır. İşlerinde doğal bilimlere duyduğu ilgiyi sık sık kullanmış olmakla birlikte, ürettiği makineler ile teknolojiye karşıt olarak doğa güçlerinin ortaya koyduğu düzen ve düzensizlik arasındaki karmaşık yapıya dikkat çekmektedir. Makineler adını vermiş olduğu serilerde ortaya çıkan heykelsi objeler, bu objelere form veren ve kendi tasarladığı makineler ile bir bütün olarak görülmektedir, kimi işinde heykeller tasarladığı makinelerin izlerini taşır, kimi işlerinde ise makine sergilenen işe dâhildir.



**Görsel 24.** *Roxy Paine, SCUMAK No:2, 2000*

“SCUMAK (Auto Sculpture Maker)” adını verdiği işinde, bilgisayar kontrollü bir püskürtücü, bu püskürtücünün kullandığı hammadde olan polietilenin bulunduğu hazne, diğer makine elemanları ve makinenin modellediği formların bulunduğu bant sistemini görürüz (Görsel – 24). Bu kinetik heykelde Paine, tam anlamıyla üç boyutlu yazıcı olmasa da eklemeli üretime dair elemanları tasarladığı makinede kullanmıştır.

Paine’in 1998 tarihli SCUMAK (Otomatik Heykel Makinesi) bir bilgisayardan gelen komutlara göre “ekspretif biçimde” modellenen polietilen heykeller yapan fevkalade bir makinedir. Bir devre kutusunun yanında duvara monte edilmiş dizüstü bilgisayar, eritilmiş polietilen akışının taşıma bandı üzerine kesin olarak belirlenmiş bir zaman boyunca kesin olarak belirlenmiş bir oranda püskürtülmesini yönetir. Ayarlanmış bir soğuma süresinin ardından bant ilerler ve makine başka bir heykel yapar. Fakat doğanın kaos güçleri süreci durmaksızın etkilediği için, bu dalga geçermişçesine genel objeler, bu hassas aygıt tarafından bile gerçekten taklit edilemez. Tam olarak aynı komutlara göre üretilen iki SCUMAK heykeli yine de oldukça farklı biçimlerde meydana çıkacaktır. Bu incelikli biçimde tasarlanmış ve güzelce imal edilmiş aygıt, heykel yapmanın fiziksel sürecini sanki mekanik bir eylemiş gibi (ki burada öyledir – bir nevi) açığa vurarak, insan ve makine arasında endişe verici bir muğlaklığı ileri sürer. Ancak makinenin güzelliği ve sonuçlarının eksantrikliği aynı zamanda romantiğin zafer şarkısıdır. Paine hem bahçelerini hem de makinelerini insan, doğa ve bilim arasındaki akışkan bir ara yüze yerleştirir; bunlar izleyiciyi bilim adamlarının XXI. yüzyılda insan genomunu yeniden tasarlamaya ve canlı nöronları silikon çiplerle birleştirmeye başladıklarında ulaştıkları keşifler ve doğa arasında kimi zaman belirsiz sınırın sezgisel deneyimine götürür. (Fineberg, çeviri, 2014: 498)



**Görsel 25.** *Roxy Paine, SCUMAK No:2’den çıkan formlardan bir örnek, 2000*

Hint kökenli İngiliz heykeltıraş Anish Kapoor, batı sanatının biçimselliğine ve 1980 sonrası dönemin malzeme çağrışımı heykellerine karşıt, izleyicinin algısına yönelik çalışmalar yapmıştır. Heykelleri biçimsel olarak soyut olmasına rağmen, insan algısının kökenlerine dair deneyimlemeleri hedeflemiştir. Bir başka deyişle heykellerinin spiritüel yönü ile izleyicinin algısını değiştirmiştir. Uzay ve mekânı manipüle ederek, işlerindeki delik, boşluk vb. öğeler ile madde-ruh, erkek-kadın, varlık-hiçlik gibi ikiliklere gönderme yapmaktadır. Anish Kapoor, aynı zamanda teknoloji ve bilimi sıklıkla kullanan sanatçılardan biridir. Karbon nanotüplerden üretilen ve ışığın yüzde 0.035'i hariç kalanını soğuran dünyanın bilinen en “siyah” materyali olan “vantablack” pigmentinin sanatsal kullanım hakkı Anish Kapoor’un elindedir. Bu siyah materyal için BBC radyo kanalında verdiği röportajlardan birinde, şu cümleleri kullanmıştır. “İçinde yürüdüğünüzde kim, ne olduğunuza ve zamana dair tüm algılarınızı kaybedeceğinize kadar siyah bir boşluk hayal edin. Duygusal benliğinize bir şey olur ve uyumsuzca içinizde başka bir şeye ulaşmak zorunda kalırsınız.”<sup>5</sup> Kapoor ayrıca yeni teknolojiler ve eski teknikler ile bağlantılar kurarak kültürel mirası çağdaş sanata entegre eden bir atölye olan Madrid merkezli “Factum Arte” ile işbirliğiyle geliştirdiği bir çimento yazıcısı ile heykeller üretmiştir.



**Görsel 26.** *Anish Kapoor'un çimento yazıcısından bir görünüm*

<sup>5</sup> : <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3467507/Artists-war-sculptor-given-exclusive-rights-purest-black-paint-used-stealth-jets.html#ixzz4GhtHC5pQ>  
(Erişim tarihi : 16.06.2016)

2008 – 2009 yıllarına tarihlenen “Greyman Cries, Shaman Dies, Billowing Smoke, Beauty Evoked” ve 2011’de yaptığı “Between Shit and Architecture” adlı düzenlemelerinde bu üç boyutlu çimento yazıcısı ile ürettiği heykelleri sergilemiştir (Görsel – 26, 27). Çimentonun dev püskürtücüden çıkışı, boşluk içinde bilgisayar kontrolüyle sınırlandırılmıştır fakat bu alan içinde kütleçekim kuvvetinin de yardımıyla rastgele formlar oluşturmuştur. Bu sınırlandırmanın gösterdiği makine kontrolü ile oluşan formların organik ve rastgele oluşunun yarattığı zıtlık, doğa ve makine arasındaki zıtlık ile paralellik göstermektedir.



**Görsel 27.** *Anish Kapoor, “Greyman Cries, Shaman Dies, Billowing Smoke, Beauty Evoked”, 2008 - 2009*

Bu “*Kimlik motoru*”, kendine emredilen rota boyunca yellenen ve pisleyen bir dışkılama makinesi olup, betonu birbirini etkileyen, kendi kendilerine düzenlenmiş yapılar haline dönüştürmektedir. Yaralar ve kesikler, pileler ve kıvrımlar kendi iradeleri ile birleşerek birbirlerini iyileştirmekte ya da parçalanmaya devam etmektedirler. ( Schaffer, 2009: 45)



### 3.2. KARIN SANDER

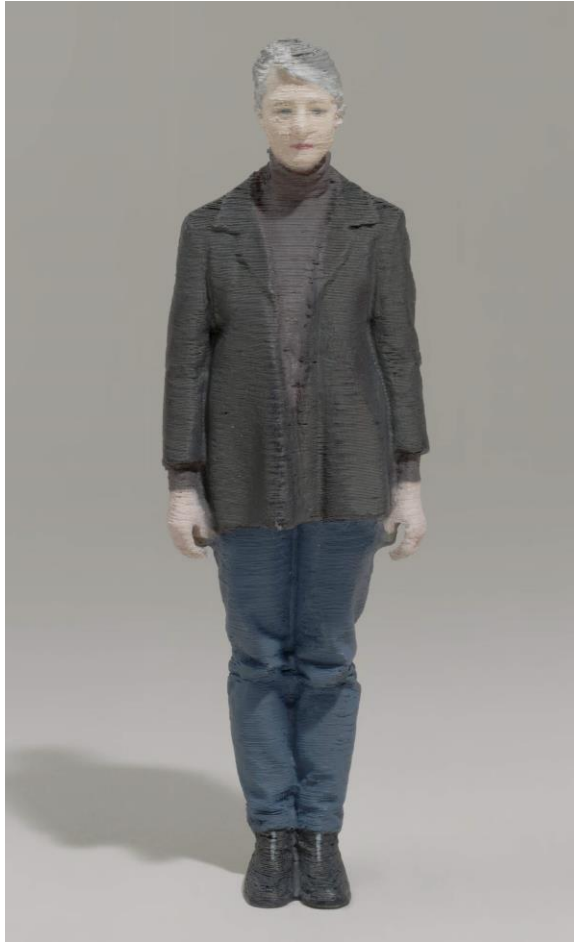
Üç boyutlu yazıcıları asıl kullanım amacıyla kullanarak minyatür heykeller üreten ilk sanatçılardan biri olan 1957 Almanya doğumlu Karin Sander, insan bedeninin temsili üzerine problemlerin görüldüğü 1:10 isimli sergisinde üç boyutlu tarama yöntemini de kullanarak insanların minyatür kopyalarını yapmıştır (Görsel – 28, 29). Bu minyatür heykellerin her biri, bir insanın 360 derece vücut taraması yapılarak oluşturulan sanal dosyaların üç boyutlu yazıcıdan gerçek boyutlarının bir bölü onu olacak şekilde çıkartılmasıyla oluşturulmuştur. Sonra bu çıktılar insanların fotoğrafları yardımıyla renklendirilmişlerdir. Bu boyama dışında sanatçı üretim sürecinde malzeme ile fiziksel ilişkiye girmemiştir. Bir başka deyişle formları makineler yardımıyla farklı malzeme ve ortamlara aktararak bir nevi dönüşüm yaratmıştır.



**Görsel 28.** *Karin Sander, 1:10, 2000*

“Sander, tamamıyla makine üretimi kullanıldığından fiili olarak nesnenin üretimine katılmamıştır, ayrıca kıyafet, duruş ile ilgili komutlar vererek konunun görünüşüne etki etmediğini belirtmektedir. (Paul 2015: 65)” Sanatçının üretim süreci ve malzeme ile olan ilişkisizliğinin yanında, bu işlerin sanatçı ile bağlantısı teknolojinin çaktığı kıvılcım ile oluşmuş bir fikir yoluyla üretilmesi ile açıklanabilmektedir. Formların, bilginin aktarılarak tamamen farklı bir mecrada farklı malzemelerle üretimi, “teleanufacturing” kavramı ile açıklanmaktadır. Christiane Paul, Digital Art adlı kitabında bu kavramı şöyle açıklamıştır:

Sander’in çalışma süreci, “teleanufacturing” kavramı ile tanımlanan, formların dijital olarak transfer edilerek “ihtiyaç duyulduğu anda”, “ihtiyaç duyulduğu yerde” üretilme olanaklarını örneklemektedir. Teleanufacturing ile sanal 3D formlar uzaktan dokunma duygusu ile ilgili deneyimlere çevrilebilmekte, bir fikir ve form, nerede tasarlanırsa tasarlansın, doğrudan parmaklarınızın ucuna gelebilmektedir. (Paul, çeviri, 2015: 65)



**Görsel 29.** *Karin Sander, 1:10, 1997*



### 3.3. MICHAEL REES

1958 doğumlu heykeltıraş Michael Rees üç boyutlu yazıcıları kullanarak formlarını insan vücudu parçaları, organlar ve benzeri gibi anatomik öğelerden alan heykeller yapmaktadır. Hızlı prototiplemeyi kullanmadan önce Rees bilgisayar yazılımlarıyla sanal ortamda model ya da animasyonlar oluşturarak eserlerini tasarlamaktadır. Sonrasında tasarımları, dijital ortamda sergileyebildiği gibi, fiziksel heykellere ya da iki boyutlu baskılara dönüştürebilmektedir. Fiziksel heykele dönüştürme aşamasında, üç boyutlu baskı ya da diğer geleneksel modelaj, döküm, yontu tekniklerini kullanmaktadır. Teknolojinin ürünü olan 3B yazıcılar, bu sanatçının işlerinde tasarımı kısıtlamayan, tam tersine zaman, efor ve üretimi zorlaştıracak karmaşık formların inşası bakımından tasarım sürecine avantaj sağlamaktadır. Bu sayede hiçbir fiziksel kısıtlama olmadan sanal ortamda tasarım gerçekleştirilebilmektedir. Teknoloji bu sayede sanatın düşünsel sürecini etkilemiştir. Sanatçı, ürettiği gerçekdışı formlar hakkında şunları söylemektedir.

Son dönemlerdeki çalışmalarım, yapay sanat anlayışlarına karşı estetik kaygılara duyduğum ilginin devamıdır... Organizmanın doğal bir anlamda başarılı olup olmaması önemli değildir burada. Çalışmalar, ne olursa olsun kendi hareketlerini gerçekleştirmeye zorlanır. Animasyonlar olmayan-uzamda, sonsuz derecede banal ve tarafsız bir uzamda gerçekleşir. Eserler, etkinliklerinin üstün-körü temsiline rağmen, anlamlı psikolojik nüanslar barındırırlar. Eserlerin gerçekdışı, uydurulmuş ve kurgu ürünü oldukları açıkça anlaşılıyor olmasına rağmen çok çeşitli karmaşık tepkiler gösterilmektedir. (Rees, Dijital Çağın Sanatı'ndan aktaran Wands, çeviri, 2006: 90)

Michael Rees, tüm bu teknolojik gelişmeler sayesinde insan omurgası gibi modellenmesi klasik yöntemlerle uzun bir süre alabilecek formları sanal ortamda üreterek ve diğer formlarla birleştirerek eserlerini kısa sürede üretebilmektedir. Ürettiği organlar, amorf vücutlar, sanal ortamdan doğan yeni bir tür canlı gibidirler, izleyiciye farklı parçalar tanıdık gelmekte fakat birbirleriyle ilişkileri işlevlerinden tamamen ayrı değerlendirilmektedir (Görsel – 30, 31). Teknoloji kullanılarak doğadan kopuk bir şekilde üretilmiş bu heykeller sayesinde Rees, kullanılan formların doğadan gelmesi sebebiyle insanın doğadan kopuşu, sanayi devrimi, makineleşme süreci gibi kavramları da izleyiciye hissettirmektedir.



**Görsel 30, 31.** *Soldaki görselde Anja Spine serisinden 3B yazıcıdan çıkartılmış heykel (1996- 2001), sağdaki görselde ise Rees'in CAD yazılımıyla tasarladığı dijital model (2011) görülmektedir.*

Rees'in Anja Spine serilerinde (1998), anatomik öğeler ve organik formlar, örneğin üzerinden kullaklar fırlayan bir omurga, karmaşık heykelsi bir yapıya dönüşerek, beden bilinen yapısını aşan duygusallığın bilimsel doğrulaması üzerine sorular sorar. Rees bilimi ve iç içe örülü sistemler olarak bilimin imgelerini analitik ve sezgisel anlamda kullanır. "Anja" bir altıncı çakrayı (çakralar, yaşam enerjisine açılan ve fiziksel bedeni öz bilincin gelişmesi için canlandıran enerji noktalarıdır.) tanımlayan bir Hindu terimidir. "Anja" kelimesi ruhsal rehberlik ile "yönetmek" anlamına gelir ve tüm ince öğeleri ile ilişkili somutlaşmış varlığın bir parçasıdır. Rees A Life serileri (2002) ile yapay yaşam bağlamında insan vücudunun değişimlerine olan ilgisini devam ettirmiştir. (Paul, çeviri, 2015: 65)

### 3.4. MARC QUINN

Marc Quinn, aralarında Damien Hirst, Tracey Emin, Anish Kapoor'un da bulunduğu "Genç İngiliz Sanatçılar"dan biridir. 1991'den beri otoportresi olan, her beş senede bir tekrarladığı kendi kanından dökmüş olduğu, bir soğutucuda sergilenen "Self" isimli büst serisi, 2001 ve 2010 yılları arasında ürettiği "Sphinx and Siren" serisi başta olmak üzere pek çok işi ile tanınmıştır. Yaptığı tasarımların malzemeye aktarılmasında genellikle profesyonel işçiler ve ustaları kullanan Quinn çalışmalarında teknolojik araçlardan da faydalanmıştır. Üç boyutlu tarama, CNC makineleri, dijital yazılımlar, üç boyutlu baskı yöntemleri pek çok heykelinde birer araç olarak kullanılmıştır.



**Görsel 32.** Marc Quinn, *Frozen Wave (Conversation of Mass)*, 2015

2015’te yapmış olduğu “Frozen Wave (Conservation of Mass)” adlı çalışmasında, devasa boyutlarda bir deniz kabuğu parçası, malzemesi olan paslanmaz çeliğin parlaklığı ile model alındığı küçük boyutlu gerçek deniz kabuğunun bir kopyasıdır (Görsel – 32). Deniz kabuğu, eğimli formu ile denizde oluşan bir dalganın yine deniz tarafından oluşturulan bir temsili gibidir. Aynı isimli serisinde sanatçı malzeme olarak beyaz çimento ve paslanmaz çeliği farklı işlerde kullanmıştır. “Frozen Wave (Conservation of Mass)” isimli 7,5 metre genişliğinde paslanmaz çelik heykelde öncelikle küçük boyutlu deniz kabuğu üç boyutlu tarayıcıda taranıp 3B yazıcıda orta boyutlu bir çıktısı alınmıştır. Daha sonra bu model de taranarak polistiren bloktan CNC yardımıyla işlenerek son boyutlu model ortaya çıkarılmış ve bu son model bölümlere ayrılıp, bu bölümlerden paslanmaz çelik dökümler alınıp daha sonra birleştirilerek işin son hali ortaya çıkmıştır<sup>6</sup>. Aynı zamanda Bu seri dışında yine deniz kabuklarının teknoloji yardımıyla büyütülerek alüminyum, beton, paslanmaz çelik ve bronzdan dökülmesi ile yapmış olduğu “Archaeology of Art” adlı heykel serisi bulunmaktadır (Görsel – 33). Deniz dalgaları ve püskürttüğü kumlarla döverek şekillendirdiği deniz kabukları, kumların arasına gizlenmiş antik çağlardan kalmış arkeolojik eserlere benzemektedirler. Sanatçı, doğanın elinde işlenmiş deniz kabuklarını, bir başka deyişle doğal yollarla oluşmuş buluntu objeleri(ready made), tarayıp dijital yolla büyütürken çıktılarını almış, bu sayede doğanın tarihinin insan ile olan ilişkisini vurgulamıştır. Marc Quinn, yapmış olduğu deniz kabuğu için, bir röportajda şunları söylemektedir:

Bazı işlerinizde üç boyutlu yazıcılar kullandınız. Teknoloji heykelin bildiğimiz anlamını nasıl değiştirecek?

Kısa zaman önce yapmış olduğum bir deniz kabuğu heykeli için, gerçek bir deniz kabuğu aldım, üç boyutlu tarayıcı ile taradım ve yüksek kalite bir hızlı prototipleme makinesinde bir büyüğünü yaptım. Sonuçta küçük bir deniz kabuğu görünümünde bir obje ile karşılaşıyorsunuz, fakat bunu asla el yordamıyla yapamazsınız, çünkü öyle olsaydı, büyük ölçüde insani yorumlama görürdünüz.

Ama deniz kabuğuna baktığımızda, bunun yeni bir teknoloji olduğunu söyleyemezsiniz. İPad’de bir şeyler çizip bunun çizdiğiniz şeyi yeni yaptığımı düşünemezsiniz. Önemli olan, elimizde beş yıl önce yapılamayacak bir obje olduğudur.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> <http://marcquinn.com/studio/studio-diaries/the-making-of-frozen-wave>  
(Erişim tarihi : 10.06.2016)

<sup>7</sup> <http://blogs.wsj.com/scene/2013/01/29/marc-quinn-on-3-d-printing-kate-moss-and-cultural-hallucination/>  
(Erişim tarihi : 10.06.2016)



**Görsel 33.** *Marc Quinn, “The Archeology of Art” serisinden  
“Map of the Space-Time Continuum” 2013*

Ayrıca Londra’daki atölyesinde yapılan başka bir konuşmada, 3B yazıcıların sanatçılar için fotoğraftan sonraki en büyük buluş olduğunu belirtmiştir.<sup>8</sup> Doğal bir objenin, istenerek form üzerinde sanatçının yorumlaması olmadan makineler yardımıyla üretilebilmesi, bu heykellerin düşünsel yönünün üç boyutlu baskı makineleri, tarayıcılar, CNC makineleri gibi teknolojilerin tasarımları etkilediğini göstermektedir.

---

<sup>8</sup> <http://www.independent.co.uk/arts-entertainment/art/features/marc-quinn-artist-when-i-dont-enjoy-coming-to-the-studio-anymore-i-wont-come-in-10426867.html>  
(Erişim tarihi: 12.06.2016)



### 3.5. MOREHSHIN ALLAHYARI VE DANIEL ROURKE

2007'den sonra Amerika Birleşik Devletlerinde yaşamaya başlayan İran doğumlu sanatçı Morehshin Allahyari, yeni medyayı kullanarak politik, sosyal, kültürel ve cinsel kimlik sorunlarına yönelik işler yapmaktadır.

Savaşlar, terör olayları, doğal afetler, bakımsızlık ve benzeri sebeplerle dünya sanat ve kültür mirası olan antik yapılar, heykeller, resimler tahribata uğramakta ya da kaçırılmaktadır. Ortaçağ'da ikonoklazm, dünya savaşlarında Nazi'ler tarafından dejenere sanat olarak görülen eserleri yok etmeleri, bir çoğunun da kaybolması, 20. ve 21. Yüzyıl'da yaşanan terör olayları sebebiyle antik kentlerin yok edilmesi gibi olaylar, dünya kültür mirasına zarar vermiştir. Örneğin İkinci Dünya Savaşı'nda pek çok resim fiziksel olarak yok olsalar da bir kısmının fotoğrafları arşivlerde bulunmaktadır.



**Görsel 34.** Morehshin Allahyari, *Material Speculation* – Marten, 2015

Morehshin Allahyari bu yıkıma karşı yaptığı işlerle direniş göstermiştir. “Material Speculation: ISIS” isimli projesinde, Irak’ta bulunan Asur döneminden Ninova antik kentinde ve Roma döneminden Hatra antik kentinde 2015 yılında IŞİD’in tahrip ettiği anıt ve eserlere odaklanmıştır. Buradan seçmiş olduğu 12 eseri 3B modelleme ve 3B baskı yoluyla yeniden inşa etmiştir (Görsel – 34). Bu proje, 3B baskı teknolojisinin direniş ve belgesel amacıyla bir araç olarak kullanılması ve kültürün arşivlenmesine katkı sağlamıştır. Bir başka deyişle 3B yazıcıların kullanımını tarih ve belleğin tamir süreci olarak ele almıştır. Bu sayede terör örgütü IŞİD’in 2014’ten itibaren Irak ve Suriye’de İslamiyet’e dayanarak meşru gösterip yıktıkları camiler, kiliseler, antik kentler bir daha fiziksel olarak ziyaret edilemeyecekler olsa da teknoloji yardımıyla bellekte varlıklarını sürdüreceklerdir.

Işid Mezopotamya’nın ölümsüz antik eserlerine saldırdığında tüm dünya endişeye kapıldı. Bu endişe sadece eserlerin “paha biçilemez” olmasından kaynaklanmıyordu. Endişenin bir diğer kaynağı da kadim medeniyetlerden günümüze gelen bu eserlerin sonsuza dek var olacağı düşüncesinin de yok ediliyor olmasıydı. Peki, gerçekten de IŞİD’in balyozlarla paramparça ettiği lamassular yok oldu mu? Morehshin Allahyari bu soruya o kadar çabuk evet denilmemesi gerektiğini söylüyor.

Tarihi ve hafızayı tamir etmek için bir araç olarak üç boyutlu yazıcıları kullanan Allahyari, IŞİD’e karşı politik ve pratik bir karşılık verdiğini söylüyor. IŞİD’in saldırdığı tarihi eserleri 3 boyutlu yazıcılarla yeniden üreten Allahyari bu sefer kopyaların içerisine modellemesinin yüklü olduğu birer hafıza kartı da koyuyor. Allahyari’nin kullandığı hafıza kartları; tarihi eserlerin üretildiği materyallerden daha fazlasını yani kadim zamanlardan gelen bir özü temsil ettiği düşüncesini desteklemesi bakımından isabetli bir tercih.(Şalo, 2016: 18)

3B baskıların içlerine yerleştirdiği hafıza kartları, bilginin korunumu ve kültürün devamlılığı açısından 21. Yüzyıl’da internet ile şekillenen dünyada bilgiyi yok etmenin eskisi gibi olamayacağını göstermektedir. Bu kartlarda yalnız çalışmanın dijital modelleri değil, imajlar, haritalar, pdf dosyaları, eserlerin son anları ve yok edilmelerine dair videolar da bulunmaktadır. İnsanların tüm geçmişi, bilgi birikimi, günlük yaşamları dijital olarak kayıt edilmekte ve tarihin fiziksel görüntüsü ise 3B baskı teknolojileri ile yeniden üretilmektedir.

2015’da Allahyari ve bir başka yeni medya sanatçısı Daniel Rourke sanatta 3B yazıcı kullanımından yola çıkarak #Additivism olarak adlandırdıkları manifestoyu hazırlamışlardır. Avangard bir tutum hedef alınarak epik bir dille yazılmıştır. Edebiyattan, Fütürist manifestodan alıntılar taşıyan “*3D Additivist Manifesto*”nun ilk paragrafı şöyledir:

3D Aditif üretimde kullanılan, trilyonlarca antik bakterinin kara yağı kaynatılarak meydana getirilen petrokimyasalların dönüşümüyle ortaya çıkan plastik, bir biçim verilmeden önce bile bir metaforu. Onun potansiyeli tarihinin zorluklarıyla ters düşmektedir: bu madde bizim atalarımızın toplamı ve uzantısıdır; bu yaratıcılık vahşi, şehvetli, kaba, bayağı ve acımasızdır. Dünyanın ihtişamının yeni bir güzellikle zenginleştiğini ilan ediyoruz: çöpün, kipple’in2 ve döküntünün güzelliği. Piksellenmiş nefesli yılanlar gibi büyük filizlerle kristalleştirmiş bir gezegen ...tek kullanım-lik cephanelerle ilerleyen bir devrim Edward Snowden’ın evrak çantasının içeriklerinden daha çekici, Birleşmiş Milletler’in Yasama Serisi’nden daha nefes kesicidir.(Rourke, çeviri, 2015: 1)

Bu manifesto, sosyal medyada sıkça kullanılan ve bir işaret ve tanımlama görevi gören # sembolü ve ekleme kelimesinin İngilizcesinin izm ile birleştirilmesi ile adlandırılmıştır. 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinde kullanılan plastiklerin, kimyasal her türlü malzemenin teknolojiyle dönüşerek yeni bir güzelliğe sahip olduğunu vurgulamakta, dijital olanakların ve 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin potansiyellerini ifade etmektedir.

### 3.6. JOSHUA HARKER

1970 doğumlu Amerikan sanatçı Joshua Harker, tüm güncel çalışmalarını üç boyutlu yazıcı teknolojilerini kullanarak yapmaktadır. CAD yazılımı, 3B modelleme ve endüstriyel tasarımı harmanlayarak işlerini tasarlayan Harker, Karin Sander’in aksine malzemeyle fiziksel etkileşime girmektedir. 3B baskıyı bronz döküm için bir araç olarak ya da heykelin son halinin bir çıktısını almak amacıyla kullansa da tasarımın otomatikleşmesine izin vermemekte, bir başka deyişle malzemeyi dijital yollarla tıpkı geleneksel yöntemlerde olduğu gibi yontmaktadır.

“Düğüm” adını verdiği geleneksel yollarla modellenmesi zor olabilecek karmaşık formlardan oluşan işlerinde 3B yazıcı yöntemiyle modellerini çıkarttığı tasarımlarını bronz



olarak dökmesi geçmişe ait geleneksel yöntemler ve güncel teknolojiler arasında bir köprü kurmaktadır (Görsel – 35, 36). Formların ve boyutların limitlerini zorlayarak kendi görüşlerini anlatmaya çalışan Harker, kendi sanat görüşünü şöyle ifade etmektedir.

Harker fiziki sınırlar bağlayıcı olmadığı için bilgisayarlı modelleme ile çalışmanın yeni düşünceleri tetiklediğini söylüyor. Yeni bir mecra ve araç olarak nitelediği üç boyutlu yazıcılar yirmi yıllık kariyeri boyunca yapmak isteyip yapamadıklarını şimdi mümkün kılıyor. İki boyutun aktarmakta yetersiz kaldığı duyguları ve fikirleri Harker üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla aktarabiliyor. Harker'ın çalışmaları tasarım imalat eşiğini aşan ilk adımlardan birisi olarak kabul ediliyor. Harker'ın kendi ifadesiyle üç boyutlu yazıcılar “yeni görüşleri ve fikirleri keşfedebileceği bir özgürlük alanı demek. (Şalo, 2016: 18)



**Görsel 35, 36.** Joshua Harker, *Permutation Prime*, Bronz döküm (Solda), 2015

*PLA baskı (Sağda), 2013*

### 3.7. ROBERT LAZZARINI

Amerikalı Sanatçı Robert Lazzarini (1965), sıradan objelerin formlarını bozarak izleyicinin izleyicinin boşlukta hissettiği görsel algıyı karıştıran heykelleriyle tanınmaktadır. Lazzarini bu objelerin görüldüğü uzayı ve zemini başkalaştırarak, izleyici de kafa karıştıran işler de yapmaktadır. Bozduğu formlar, etrafında dolanarak hafızasındaki objeyi görebileceği doğru açıyı arayan insanları yanıltmaktadır. Çünkü bu işlerde hiçbir “doğru

açı” yoktur. Lazzarini mekan kullanımıyla 1960’ların Minimalizm akımı paralellik göstermektedir. Yarattığı form ve mekan bozunumlarında teknolojiyi de kullanmaktadır. Tasarlanmamış buluntu objelere ait formları geometrik manipülasyonlara uğratmak için etkili bir yol olan dijital yazılımları kullandıktan sonra, bu sanal modelleri 3B yazıcılarda üretmektedir. “Skulls” adlı işinde SLA tekniğini kullanarak yüksek çözünürlüklü modeller yaratmıştır (Görsel – 37). Dijital ortamda yarattığı objeler gerçek yaşamda bulunan objelerdir, bu sebeple objenin farklı malzemelerle üretilmesinin temsil problemi yarattığı sonucuna vararak objelerin kendi hammaddeleri ile üretilmesine çabalamış, bunda da SLA tekniği – reçine- kullanıldığından ve farklı malzemeler ile karıştırılabildiğinden yardımcı olmuştur.

Bazı dijital yolla üretilen objeler ortamın belirgin özelliklerini sergilemez ve geleneksel metodlarla üretilmiş olabilirler, diğerleri doğrudan kendi yaratım süreçlerini işaret ederler. Örneğin, Robert Lazzarini’nin (d. 1965) “skulls” (2000) heykelleri, izleyicinin tarafından açıkça dijital teknolojilerin kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bunlar biçimi bozulmuş 3D CAD dosyalarına bağlı olarak üretilmiş heykellerdir ve kafatasları üç boyutlu perspektifte bir bozulma yaratmışlardır ve asla bildiğimiz üç boyutlu objenin kendisi gibi görünmezler. (bu objelere bakmak bulantıyı tetikler denebilir). Aynı zamanda, kafatasları sanat tarihiyle sıkı bir bağlantı içindedirler, Hans Holbein’in Londra’daki Ulusal Galeri’de sergillenen The Ambassadors (1533) tablosunda ön planda bulunan anamorfik kafatasını anımsatırlar, ayrıca bu resimde yıllar boyunca farklı bozunmalar keşfedilmiştir. (Paul, 2015: 61,62)



**Görsel 37.** *Robert Lazzarini, Skull (I), 2000*

## SONUÇ

Tarih boyunca kısıtlı sayıda önemli değişiklik geçirmiş heykel teknikleri, 20. yüzyıldan başlayarak köklü dönüşümlere uğramışlardır. 21. yüzyıl itibariyle internetin, sanal ortamların, sosyal medyanın ve teknolojinin şekillendirdiği toplumda insanlar yeniliklere hızla adapte olmaktadır. Süreklilikle gerçekleşen yenilikler, pek çok alana olduğu gibi sanata da etki etmektedirler. Heykelde teknik bağlamda mevcut aletler, yöntemler geliştirilirken, bir yandan da her gün yeni aletler, malzemeler, ortaya çıkmakta, ve bunlar hızla tüketilip benimsenmediği takdirde yok olmakta, diğerleri ise heykelin binlerce yıllık tekniklerinin yanına eklenmektedirler. 3B baskı teknolojileri, icat edilmelerinden sonra kısa zamanda heykeltıraşların kullandığı, geliştirdiği ve sınırlarını zorladığı bir teknik haline gelmiştir. Teknolojiler bir yandan biçimsel ve maddesel olanakları artırmışlar, bir yandan da düşünsel sürece etki etmişlerdir. 20. yüzyılda kavramsallığın yükselişini ile birlikte gözden düşen geleneksel teknikler ve malzemeler, 2000 sonrası dönemde teknoloji ile kurulan köprüler ile kullanılmaktadırlar. Kavram, malzeme, teknik birbirini beslemekte, geleneksel ve yeni arasındaki bağlar güçlenmektedir.

Bir alet, düşünceyi tetikleyen bir araç, hızla uygulamanın gerçekleşmesini sağlayan bir teknoloji ürünü. Kullanım amaçlarına bakılmaksızın 3B baskı teknolojileri, geleneksel üretime etki etmiş, bu sayede kültürün bir parçası haline gelmişlerdir. Sanatı kültürün şekillendirdiği 21. yüzyılda, kültüre adapte olmuş teknolojilerin tetiklediği tasarımlar, sanat eseri, sanatçı ve izleyici arasındaki ilişkilerin yeniden tanımlanmasına sebep olmaktadır. 3B yazıcıların, CAD yazılımlarının sanatçı ve malzeme arasındaki bağlantılara etki etmesi bunu sağlamaktadır. Sanatçılar tüketim toplumunda yaşadıkları dönemin tüm imkânlarını kullanmaya çabalamaktadırlar. 2010'lu yıllarla beraber, 3B yazıcılar, her alanda kullanılmaya başlanmış, toplumda üretim tekniklerini yeniden sorgulanmasını sağlamışlardır. Üretimin dönüşmesi, malzeme ve tekniğin önemli olduğu heykel sanatında 3B yazıcıların kullanımının artmasını sağlamıştır.

## KAYNAKÇA

### Kitaplar

- Antmen, A. (2008). *20. Yüzyıl Batı Sanatında Akımlar*. İstanbul: Sel Yayıncılık.
- Biehler J. Fane B. (2014). *3D Printing with Autodesk*. ABD: Que Publishing.
- Boardman J. (2001). *Yunan Heykeli Arkaik Dönem*. İstanbul: Homer Kitabevi.
- Demirbaş Y. Arlı B. (2015). *Uygulamalarla 3 Boyutlu yazıcı Yapımı ve Kullanımı*. İstanbul: Abaküs Yayınları.
- Fineberg J. (2014). *1940'tan Günümüze Sanat: Varlık Stratejileri*. (çev: S. Atay-Eskier, G. E. Yılmaz) İzmir: Karakalem Kitabevi Yayınları.
- George H. (2014). *The Elements of Sculpture*. Londra: Phaidon
- Germaner S. (1997). *1960 Sonrasında Sanat*. İstanbul: Kabalcı Yayınevi.
- Huntürk Ö. (2011). *Heykel ve Sanat Kuramları*. İstanbul: Kitabevi.
- Paul C. (2015). *Digital Art*. Londra: Thames & Hudson.
- Schaffer S. Lowe A. (2009). *Anish Kapoor: Unconformity and Entropy*. Madrid: Turner.
- Turani A. (2012). *Dünya Sanat Tarihi*. İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Wands B. 2006. *Dijital Çağın Sanatı*. (çev: O. Akınhay). İstanbul: Akbank Kültür Sanat Yayınları.
- Warnier C, Verbruggen D. vd. (2014). *Printing Things: Visions and Essentials for 3D Printing*. Berlin: Gestalten.

### Tezler

- Doruker F. G. (2013). *1950'den Günümüze Heykel Sanatında Değişen Üç Boyut. Sanatta Yeterlilik Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi

Turhan Ö. (2006). Bilgisayar Teknolojilerinin Heykel Sanatına Sağladığı Yeni Olanaklar: Dijital Heykel. Yüksek Lisans Eser Metni. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

### **Makaleler**

Marchi J. (1998). 25 Years: The Evolution of Sculpture Tools. *Sculpture*. Cilt: 17. Sayı: 1.

Olexa R. (2001). The Father of Second Industrial Revolution. *Manufacturing Engineering*. Cilt: 127. Sayı: 2.

Bradshaw S. Bowyer A. Haufe P. (2010). The Intellectual Property Implications of Low-Cost 3D Printing. *Script ed*. Cilt: 7. Sayı:1.

Çelik İ. Karakoç F. ÇAKIR M. C. vd. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. Sayı: 31

Sequin C. H. (2005). Rapid Prototyping: A 3D Visualization Tool Takes on Sculpture and Mathematical Forms. *Communications of the Ach*. Cilt: 48. Sayı: 6.

Bednarik R. G. (2003). A figurine from the African Acheulian. *Current Anthropology*. Cilt: 44. Sayı: 3.

Bingöl S. (2011). Demokrasi Devrimleri ve Sanayi Devrimi. *Uygarlık Tarihi*. (ed: T. Sivas). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları 338 - 362

Smith R. (2013). Butona Bas ve Yarat. *National Geographic*. Sayı: Aralık 74-88.

Şalo F. (2016). 21. Yüzyıl Sanatı: Sınıfları Kaldıran 3D Teknolojisi. *Istanbul Art News - IAN Chronicle*. Sayı: 15. Sayfa: 18.

### **İnternet Kaynakları**

[https://www.flex-tools.com/gb/Unternehmen/Historie\\_\\_\\_Vision.php?navid=21](https://www.flex-tools.com/gb/Unternehmen/Historie___Vision.php?navid=21)

<http://www.history.com/this-day-in-history/fords-assembly-line-starts-rolling>

<http://3daddfab.com/blog/index.php?/archives/8-1859-The-Year-3D-Printing-Hit-the-Mainstream.html>

<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3467507/Artists-war-sculptor-given-exclusive-rights-purest-black-paint-used-stealth-jets.html#ixzz4GhtHC5pQ>

<http://marcquinn.com/studio/studio-diaries/the-making-of-frozen-wave>

<http://blogs.wsj.com/scene/2013/01/29/marc-quinn-on-3-d-printing-kate-moss-and-cultural-hallucination/>

<http://www.independent.co.uk/arts-entertainment/art/features/marc-quinn-artist-when-i-dont-enjoy-coming-to-the-studio-anymore-i-wont-come-in-10426867.html>

[http://www.loewenmensch.de/lion\\_man.html](http://www.loewenmensch.de/lion_man.html)