

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
SERAMİK VE CAM TASARIMI ANASANAT DALI
Sanatta Yeterlik Tezi

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARLA ÜRETİLEBİLECEK FORM ARAŞTIRMALARI

Hazırlayan:
Merve Nil KÜÇÜKERBAŞ

Danışman:
Doç. Efe TÜRKEK

İzmir / 2019

YEMİN METNİ

Sanatta Yeterlilik Tezi olarak sunduğum “**Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretililecek Form Araştırmaları**” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

.../.../...

Adı SOYADI

Merve Nil KÜÇÜKERBAŞ

İmza

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün/...../..... tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği'nin maddesine göre Seramik ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı, Sanatta Yeterlilik öğrencisi Merve Nil KÜÇÜKERBAŞ'ın “**Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretilbilecek Form Araştırmaları**” konulu tezi/projesi incelenmiş ve aday/...../..... tarihinde, saat’ da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini/projesini savunmasından sonra dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anasanat dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin/projenin olduğuna oy.....ile karar verildi.

BAŞKAN**ÜYE****ÜYE****ÜYE****ÜYE**

ÖZET

İlk olarak 1976 yılında keşfedilen üç boyutlu yazıcılar başlangıçta sadece plastik prototipler üretmekteydi. Bugün ise bu teknoloji gıdadan sağlık sektörüne varacak kadar geniş bir yelpaze içinde gelişimini hızla sürdürmektedir. Son yıllarda seramik alanına da giren üç boyutlu yazıcı teknolojisi hem hala gelişmekte hem de aktif kullanımda seramik sektöründeki yerini giderek sağlamlaştırmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar gelişimini seramik alanında da hızla sürdürse de istenilen kalitedeki ürünün elde edilmesinin uzun zaman alacağı tahmin edilmektedir.

Bu araştırmada; tüm bu gelişim serüveni içinde, üç boyutlu yazıcılarda kullanılacak seramik malzemenin üretime uygun hale getirilmesi, üç boyutlu yazıcıların çalışma prensiplerine uygun ürün tasarımlarının araştırılması ve uygulanması, üretim ve tasarım aşamalarında ortaya çıkan sorunların tespit edilip ortadan kaldırılması gibi farklı başlıklar incelenmektedir.

Anahtar Sözcük: Üç Boyutlu Yazıcı, Katmanlı Üretim, Teknoloji, Seramik Heykel, Plastik Sanatlar

ABSTRACT

The first three-dimensional printers that were first discovered in 1976 were producing only plastic prototypes. Today, this technology continues to grow rapidly from food to health sector. The three-dimensional printer technology, which has also entered the ceramic field in recent years, is steadily reinforcing its place in the ceramic sector, both in still developing and active use. Although the three-dimensional printers continue to develop rapidly in the ceramic field, it is expected that it will take a long time to obtain the desired quality product.

In this research; making the ceramic material suitable for production in three-dimensional printers within all this developmental adventure, investigation and application of product designs in accordance with the working principles of three-dimensional printers, different topics such as the detection and elimination of the problems occurring during the production and design stages are examined.

Key Words: Three Dimensional Printer, Additive Manufacturing, Technology, Ceramic Sculpture, Plastic Arts

ÖNSÖZ

Seramik malzeme ile üretim yapabilen üç boyutlu yazıcıların gelişimi son on yıldır hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Bu ilerleme, yazıcıların endüstriyel üretimin yanı sıra sanatsal üretim açısından da yeni bir biçimlendirme ve ifade biçimi olarak kullanılmaya başlamasına sebep olmuştur. Yazıcıların seramik alanının yanı sıra heykel, resim, sinema ve grafik gibi sanat dallarında da kullanılmaya başlanması sanat eseri üretimine yeni bir boyut getirmiş ve yenilikçi örneklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Bu araştırma günümüzde kişisel kullanımı artan üç boyutlu yazıcı teknolojisinin seramik malzeme ile ilişkisinin incelemesi, bu teknolojinin sanatsal bir ifade biçimi olarak kullanılması ve seramik malzeme kullanılarak oluşturulan formların üretim aşamalarını içermektedir.

Çalışmamın hazırlanması sürecinde, öncelikle benden yardımını, fikirlerini ve deneyimlerini hiçbir zaman esirgememiş olan, ayrıca bitirme projemin her aşamasında yanımda olup manevi desteğini üzerimden hiç çekmeyen, hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, inanan ve cesaretlendiren sayın danışmanım Doç. Efe Türkel'e, Anasanat Dalı Başkanımız Prof. Halil Yoleri'ye, ilgisi, inancı, heyecanı ve destekleriyle beni yüreklendiren değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Gökçen Ergür'e ve Doç. Arzu Atıl'a, tezimin uygulamalarında kullandığım üç boyutlu yazıcıyı benim için modifiye eden ve çalışmalarım sırasında, fikrini, ilgisini ve teknik ve psikolojik desteğini benden hiç esirgemeyen, ihtiyacım olan her an yanımda olan değerli arkadaşım Fatih Aslan'a, destekleri, güvenleri ve deneyimleriyle her zaman yanımda olan tüm Anasanat Dalı hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışma sırasında her zaman yanımda olan bana her türlü desteği ve sabrı gösteren tüm arkadaşlarıma, varlığı ilgisi ve desteğiyle bana her zaman moral veren ve inanan değerli dostum Mete Kültür'e, sadece bu çalışma sırasında değil, maddi ve manevi destekleri, ilgileri ve sonsuz sabırlarıyla her zaman yanımda olan tüm aileme ve özellikle, babam İlhan Küçükbaş'a, annem Kudret Küçükbaş'a ve ağabeyim Bora Küçükbaş'a teşekkürü bir borç bilirim.

Merve Nil Küçükbaş

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YEMİN METNİ.....	ii
TUTANAK	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ.....	xxx
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN TANIMI VE TARİHİ GELİŞİMİ

1.1.Üç Boyutlu Yazıcıların Tanımı ve Tarihi Gelişimi.....	3
1.2. Çalışma Prensiplerine Göre Üç Boyutlu Yazıcılar.....	5
1.2.1. Tarayarak Işıklı Kürleme Teknolojisi (Stereo Lithography Apparatus-SLA).....	6
1.2.2.Tabakalı Cisim Üretimi Teknolojisi (Laminated Object Manufacturing – LOM).....	8
1.2.3. Toz Bağlama Teknolojisi (Powder Binding).....	9
1.2.3.1. Seçici Lazer Sinterleme Teknolojisi (Selective Laser Sintering SLS)	
.....	10

1.2.3.2. Yapıştırıcıyla Toz Bağlama Teknolojisi (Color-Jet Printing-CJP)	12
1.2.4. Eriyik Yığarak Modelleme Teknolojisi (Fused Deposition Modeling – FDM)	13
1.3. Üç Boyutlu Seramik Yazıcıların Çalışma Prensipleri	16
1.3.1. Yapıştırıcıyla Toz Bağlama Teknolojisi (İnkjet Powder Printing)	16
1.3.2. Seçici Lazer Sinterleme Teknolojisi (Selective Laser Sintering - SLS)	20
1.3.3. Harç Yığma Teknolojisi (Fused Deposition Modeling –FDM)	22

2.BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN SANAT TASARIM VE MİMARİ ALANLARINDAKİ KULLANIMI

2.1. Üç Boyutlu Yazıcılar İle Üretim Yapan Sanatçılar	29
2.2. Üç Boyutlu Yazıcılar İle Üretim Yapan Tasarım Stüdyoları ve Seramik Araştırma Merkezleri	68

3. BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN KULLANIMI İÇİN GEREKLİ YAZILIMLAR VE UYGULAMALAR

3.1. Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Üç Boyutlu Dijital Modelleme	81
3.2. Üç Boyutlu Yazıcılar ile Birlikte Kullanılan Bilgisayar Destekli Üretim Yazılımları	82

3.3. Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Yardımcı Yazılımlar	83
3.4. Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Uygulamaların Modellenmesi ve Baskıya Hazırlanması.....	83
3.4.1. Grasshopper Yazılımı ile Modellenmiş Uygulamalar.....	84
3.4.2. Rhinoceros Yazılımı ile Modellenmiş Uygulamalar.....	89
3.5. Baskı Süreci İçin Uygun Çamur Yoğunluğunun Tespit Edilmesi, Hazırlanması Ve Depoya Yerleştirilmesi.....	99
3.5.1. Baskı Süreci İçin Uygun Çamur Yoğunluğunun Tespit Edilmesi.....	99
3.5.2. Çamuru Depoya Yerleştirme ve Baskı Süreci İçin Yazıcının Hazırlanması.....	102

4.BÖLÜM

UYGULAMALAR

4.1. Siluetler Serisi.....	110
4.2. Süje Serisi.....	122
4.3.Hata Serisi.....	133
4.4. Geometrik Denemeler Serisi.....	143
4.5. Benlik Serisi.....	150
SONUÇ	153
KAYNAKÇA	154
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Hideo Kodama tarafından tasarlanan üç boyutlu yazıcıyla üretilmiş ilk ev modeli.kaynak

Şekil 2. SLA teknolojisinin çalışma prensibi.

Şekil 3. Baskı işlemi tamamlandıktan sonra çekilmiş bir SLA yazıcının baskı zemini

Şekil 4. Tabakalı Nesne İmalat Teknolojisinin çalışma prensibi

Şekil 5. Tabakalı Nesne İmalat Teknolojisi ile üretilmiş objeler

Şekil 6. SLS makinesinin parçaları.

Şekil 7. SLS teknolojisinin çalışma prensibi.

Şekil 8. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisi ile üretilmiş fotogerçekçi figür.

Şekil 9. Eriyik yığarak modelleme teknolojisinin çalışma prensibi

Şekil 10. Eriyik yığarak modelleme teknolojisi ile üretilen bir ürün örneği.

Şekil 11. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisiyle üretilmiş, iç hücre yapısına sahip seramik obje.

Şekil 12. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisiyle üretilmiş, seramik kafes

Şekil 13. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisiyle üretilmiş, seramik kâse ve destek materyali

Şekil 14. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisiyle üretildikten sonra sırlanıp dekorlanmış seramik kâseler

Şekil 15. John Balisteri tarafından, seçici lazer sinterleme teknolojisiyle üretilmiş seramik obje.

Şekil 16. Unfold tasarım stüdyosu'nun tasarladığı yazıcının düzeneği.

Şekil 17. Unfold tasarım stüdyosu'nun 2009'da tasarladığı ve kullandığı ilk üç boyutlu seramik yazıcı.

Şekil 18. Motor gücüyle çalışan üç boyutlu seramik yazıcı örneği

Şekil 19. Kompresör ile çalışan üç boyutlu seramik yazıcı örneği.

Şekil 20. Motorsuz ekstruder örneği

Şekil 21. Motorlu ekstruder örneği

Şekil 22. Çamur hazırlama ve hazırlanan çamurun depoya yerleştirilmesi aşaması.

Şekil 23. Çamur hazırlama ve hazırlanan çamurun depoya yerleştirilmesi aşaması.

Şekil 24. Jonathan Keep, İceberg (Buz Dağı) serisi.

Şekil 25. Jonathan Keep, İceberg (Buz Dağı) serisinden, ayrıntılı bir görüntü

Şekil 26. Jonathan Keep, Seed Bed (Tohum Yatağı) serisi

Şekil 27. Jonathan Keep, Tree (Ağaç) serisi

Şekil 28. Jonathan Keep, Morfoloji serisi, Sin Cos, 12 x 6 cm

Şekil 29. Jonathan Keep, Sound Surface (Ses Yüzeyi) serisi, Benjamin Britten Four Sea Interludes.

Şekil 30. Jonathan Keep, Sound Surface (Yüzeyin Sesi), Human-Bird (İnsan-Kuş)

Şekil 31. Jonathan Keep, Sound Surface (Yüzeyin Sesi), Bach – Toccata and Fugue

Şekil 32. Oliver Van Herp ve stüdyosunda kullandığı ,motorlu üç boyutlu seramik yazıcısı.

Şekil 33. Oliver Van Herp, parafin çalışmalarından bir örnek.

Şekil 34. Oliver Van Herp, Fonksiyonel Üç Boyutlu Baskı Seramik araştırma projesi kapsamında ürettiği objelerden örnekler.

Şekil 35. Oliver Van Herp, Fonksiyonel Üç Boyutlu Baskı Seramik araştırma projesi kapsamında ürettiği objelerden ayrıntılı bir görüntü.

Şekil 36. Oliver Van Herp, Adaptive Manufacturing (Uyumlu Üretim) sersinden örnekler

Şekil 37. Oliver Van Herp, Adaptive Manufacturing (Uyumlu Üretim) sersinden örnekler

Şekil 38. Oliver Van Herp, üç boyutlu yazıcıda kullanacağı porselen çamurunu renklendirirken.

Şekil 39. Oliver Van Herp, Arcanum (Sır-Gizem), Porselen, 2017

Şekil 40. Oliver Van Herp, Arcanum (Sır-Gizem), Porselen, 2017

Şekil 41. Oliver Van Herp, Solid Vibrations (Katı Titreşimler), Seramik, 2015

Şekil 42. Oliver Van Herp, Solid Vibrations (Katı Titreşimler), Seramik, 2015

Şekil 43. Jack Hardie, üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş porselen obje, 8 cm

Şekil 44. Jack Hardie, üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş çift renkli porselen obje, 26 cm

Şekil 45. Vormvrij 3D firmasının geliştirdiği, harç yığma teknolojisiyle çalışan Lutum yazıcı

Şekil 46. Vormvrij 3D firmasının geliştirdiği, harç yığma teknolojisiyle çalışan, çift ekstruder'lı Lutum yazıcı

Şekil 47. Lutum yazıcı ile Yao van den Heerik tarafından üretilmiş, seramik heykel

Şekil 48. Lutum yazıcı ile Yao van den Heerik tarafından üretilmiş, seramik obje

Şekil 49. Lutum yazıcı ile Yao van den Heerik tarafından üretilmiş, seramik obje

Şekil 50. Taekyeom Lee'nin üç boyutlu yazıcı ile ürettiği tipografik çalışmalarından örnekler, Seramik, 2016

Şekil 51. Taekyeom Lee'nin üç boyutlu yazıcı ile ürettiği seramik çalışmalarından örnekler, 2015-2016

Şekil 52. Taekyeom Lee'nin üç boyutlu yazıcı ile ürettiği seramik çalışmalarından örnekler, 2015-2016

Şekil 53. Adam Nathaniel Furman, Gerusalemme, seramik heykel, 2016

Şekil 54. Adam Nathaniel Furman, The Roman Singularity (Roma Tekilliği), seramik, 2014-2015

Şekil 55. Adam Nathaniel Furman, Identity Parade (Kimlik Geçidi), seramik, plastik, alçı, 2013

Şekil 56. Adam Nathaniel Furman, Identity Parade (Kimlik Geçidi), seramik, plastik, alçı, 2013

Şekil 57. John Balistreri, 3D Tea Bowl Project(Üç Boyutlu Çay Kasesi Projesi), elle şekillendirilmiş geleneksel çay kaseleri.

Şekil 58. John Balistreri, 3D Tea Bowl Project(Üç Boyutlu Çay Kâsesi Projesi), elle şekillendirilmiş geleneksel çay kâsesinin taranarak dijital ortama aktarılmış hali.

Şekil 59. John Balistreri, 3D Tea Bowl Project(Üç Boyutlu Çay Kâsesi Projesi), dijital ortama aktarılmış geleneksel çay kâselerinin üç boyutlu yazıcı yardımıyla tekrar üretilmiş hali.

Şekil 60. Greg Pugh, Seçici lazer sinterleme teknolojisiyle şekillendirilmiş seramik küpeler, Vase Earrings (Vazo Küpeler).

Şekil 61. Greg Pugh, Seçici lazer sinterleme teknolojisiyle şekillendirilmiş seramik formlar, Life Form (Yaşam Formu)

Şekil 62. Greg Pugh, Seçici lazer sinterleme teknolojisiyle şekillendirilmiş seramik form, Crochet Mapping (Tığ Haritalama)

Şekil 63. Emre Can, Selçuklu Trio Vazo, 3D Baskılı Seramik, 1160 ° C, Renkli kil, 29x 21 x 22 cm, 2017

Şekil 64. Emre Can, Optik akış, Renkli Kil ve Şeffaf Sır ile 3D Baskılı Seramik, 1160 ° C, 14 x 17 x 17 cm, 2017

Şekil 65. Emre Can, Doğa Serisinin Gücü, 3B Baskılı Seramik, 1160°C, 29 x 19 x 19 cm

Şekil 66. Emre Can, Orta Doğu'da Kahvaltı, 3D Baskılı Porselen ve elle parçalama, 1230 ° C, arasındadır 21 x 58 x 41 cm, 2018

Şekil 67. Ronald Rael, Virginia San Fratello ve Seong Koo Lee tarafından tasarlanmış ve tuzdan üretilmiş Saltygloo projesi, 2013

Şekil 68. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Emily Licht, Nick Buccelli ve Kent Wilson tarafından tasarlanmış olan, Seat Slug (Salyangoz Koltuk) projesi, Çimento, 3,3m x 1m x 35cm, 2011

Şekil 69. Virginia San Fratello, Ronald Rael, Molly Wagner ve Victoria Lerou tarafından tasarlanan Poroso (Gözenekli) projesi, geri dönüştürülmüş ahşap lifleri ve tarımsal atıklardan oluşturulmuştur, 47cm x 32cm x 10cm

Şekil 70. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Kent Wilson ve Alex Schofield, Vuong Dao tarafından tasarlanmış Rubber Pouff (Kauçuk Puf) projesi, Kauçuk, 2016

Şekil 71. Ronald Rael ve Virginia San Fratello tarafından tasarlanmış, Quake Column (Deprem kolonu), 195,5 cm, kum

Şekil 72. Ronald Rael ve Virginia San Fratello tarafından tasarlanmış, Quake Column (Deprem kolonu), 195,5 cm, kum

Şekil 73. Emerging Objects (Gelişen Objeler) ve 3D Potter firmasının ortak çalışmaların sonucu geliştirilmiş olan, harç yığma teknolojisiyle çalışan Potterbot XLS-1 isimli yazıcı.

Şekil 74. Ronald Rael, Virginia San Fratello ve Phirak Suon tarafından tasarlanmış, Bad Ombré v.1 serisinden örnekler, 2017

Şekil 75. Ronald Rael, Virginia San Fratello ve Phirak Suon tarafından tasarlanmış, Bad Ombré v.2 serisinden örnekler, 2017

Şekil 76. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Kent Wilson ve Alex Schofield tasarlanmış Seed Stitch Wall (Tohum Dikişi Duvarı) projesi, 2016

Şekil 77. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Kent Wilson ve Alex Schofield tasarlanmış Seed Stitch Wall (Tohum Dikişi Duvarı) projesi, 2016

Şekil 78. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Kent Wilson ve Alex Schofield tasarlanmış Seed Stitch Wall (Tohum Dikişi Duvarı) projesi, 2016

Şekil 79. Cool Brick (Serin Tuğla), Kuru, sıcak iklimlerde kullanım için, Virginia San Fratello ve Ronald Rael tarafından tasarlanmıştır, 2015

Şekil 80. Cool Brick (Serin Tuğla), Kuru, sıcak iklimlerde kullanım için, Virginia San Fratello ve Ronald Rael tarafından tasarlanmıştır, 2015

Şekil 81. Brian Peters, Honeycomb Bricks (Petek Tuğlalar), Seramik, 5x20x4 cm

Şekil 82. Brian Peters, X-Bricks (X-Tuğlaları), Seramik, 10cm x 20cm x 4cm

Şekil 83. Brian Peters, X-Bricks (X-Tuğlaları), Seramik, 10cm x 20cm x 4cm

Şekil 84. Brian Peters, Ribbed Bricks (Yivli Tuğlalar), Seramik, 15cm x 15cm x 4cm

Şekil 85. Brian Peters, Ribbed Bricks (Yivli Tuğlalar), Seramik, 15cm x 15cm x 4cm

Şekil 86. Brian Peters, Ribbed Bricks (Yivli Tuğlalar), Seramik, 15cm x 15cm x 4cm

Şekil 87. Brian Peters, Interlocking Bricks (Kilit Tuğlalar), Seramik, 10cm x 20cm x 4cm

Şekil 88. Brian Peters, Interlocking Bricks (Kilit Tuğlalar), Seramik, 10cm x 20cm x 4cm

Şekil 89. l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesi kapsamında, üç boyutlu bir seramik yazıcıya bağlı dijital çömlekçi çarkında formlarını şekillendiren katılımcılar.

Şekil 90. l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesi kapsamında, dijital çömlekçi çarkında şekillendirilmiş bir form.

Şekil 91. l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesi kapsamında, dijital çömlekçi çarkında şekillendirilmiş bir formların gelişimini gösteren bir skala.

Şekil 92. l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesi kapsamında, dijital çömlekçi çarkında şekillendirilmiş formların üç boyutlu bir seramik yazıcıyla üretilmiş halleri.

Şekil 93. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı.

Şekil 94. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı.

Şekil 95. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcının ekstruder kısmı

Şekil 96. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı ile üretilen bir duvar örüntüsü

Şekil 97. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı ile üretilen ev prototipi.

Şekil 98. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı ile üretilen ev prototipi

Şekil 99. STL formatındaki bir modelin üçgen yüzey geometrisi

Şekil 100. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş modelin veri akış diyagramı.

Şekil 101. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş modelin Rhinoceros yazılımı üzerindeki görüntüsü.

Şekil 102. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş üç boyutlu yapboz modelinin veri akış diyagramı.

Şekil 103. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş üç boyutlu yapboz modelinin pişirme (bake) işleminden geçmeden önce Rhinoceros ekranındaki perspektif görünüşü.

Şekil 104. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş üç boyutlu yapboz modelinin veri akış diyagramı üzerinden gerçekleştirilen pişirme (bake) işlemi.

Şekil 105. Pişirme (bake) işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin Rhinoceros ekranındaki perspektif görünüşü.

Şekil 106. Pişirme (bake) işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin Grasshopper eklentisi kapatıldıktan sonra Rhinoceros ekranındaki perspektif görünüşü.

Şekil 107. Pişirme (bake) işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin Grasshopper eklentisi kapatıldıktan sonra Rhinoceros ekranındaki perspektif görünüşü.

Şekil 108. Pişirme (bake) işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin parçalarına ayrılmış hali.

Şekil 109. Pişirme (bake) işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin parçalarına ayrılmış hali.

Şekil 110. Rhinoceros ana ekranı üzerinden eğri; enterpolat noktaları (curve; interpolate points) şikkının seçilmesi.

Şekil 111. Üst görünüş (Top) ekranı üzerinde model oluşturulması.

Şekil 112. Üst görünüş (Top) ekranı üzerinde model oluşturulması.

Şekil 113. Üst görünüş (Top) ekranı üzerinde oluşturulmuş modele, kapalı düzlemsel eğriyi yükseltmek (extrude closed planar curve) seçeneğiyle hacim kazandırılması.

Şekil 114. Hacim kazandırılmış modelin yan görünüşü.

Şekil 115. Hacim kazandırılmış modelin perspektif görüntüsü.

Şekil 116. Tasarımı tamamlanmış modelin Dosya - Seçileni Dışarı Aktar (File – Export Selected) seçeneğiyle dışarı aktarımı.

Şekil 117. Tasarımı tamamlanmış modelin STL formatında kaydedilmesi.

Şekil 118. STL formatında kaydedilmiş modelin Slic3r programı üzerinde açılması.

Şekil 119. Slic3r programı ile dilimlenmiş modelin görüntüsü.

Şekil 120. Slic3r programı ile iç dolgu (infill) ayarlarının yapılması.

Şekil 121. Slic3r programı ile katman kalınlığı (layers and perimeters) ayarlarının yapılması.

Şekil 122. Slic3r programı ile yazıcının extruder kısmının baskı alınacak tabakaya olan mesafesi (z offset) ayarlarının yapılması.

Şekil 123. Slic3r programı ile dilimleme ayarları yapılmış olan modelin ön izlemesi ve G code'a dönüştürülmesi.

Şekil 124. G-code'a dönüştürülmüş olan modelin Repetier Host programıyla açılması.

Şekil 125. G-code'a dönüştürülmüş olan modelin Repetier Host programıyla açılmış ve baskıya hazır hali.

Şekil 126. Modelin baskı esnasında Repetier Host programı üzerindeki görüntüsü.

Şekil 127. Modelin baskı esnasındaki görüntüsü.

Şekil 128. Hava basıncıyla çalışan çamur deposu.

Şekil 129. Kullanılacak olan çamurun kuru ölçümünün yapılması ve üzerine eklenecek su miktarının ölçülmesi.

Şekil 130. Kullanılacak olan çamurun kuru ölçümünün yapılması ve üzerine eklenecek su miktarının ölçülmesi.

Şekil 131. Plastik hale getirilmiş çamurların bir şırınga içine doldurulup basınç deneyi uygulanması.

Şekil 132. Çamurun spatula ile ezilerek pürüzssüz hale getirilmesi.

Şekil 133. Çamurun spatula ile ezilerek pürüzssüz hale getirilmesi.

Şekil 134. Çamur deposunun parçaları ve pistonun depoya yerleştirilmesi.

Şekil 135. Çamur deposunun parçaları ve pistonun depoya yerleştirilmesi.

Şekil 136. Çamur deposunun parçaları ve pistonun depoya yerleştirilmesi.

Şekil 137. Spatula ile ezilerek hazırlanan çamurların deponun içine yerleştirilmek üzere top haline getirilmesi.

Şekil 138. Spatula ile ezilerek hazırlanan çamurların deponun içine yerleştirilmek üzere top haline getirilmesi.

Şekil 139. Spatula ile ezilerek hazırlanan çamurların deponun içine yerleştirilmek üzere top haline getirilmesi.

Şekil 140. Top haline getirilmiş çamurların depoya yerleştirilmesi.

Şekil 141. Top haline getirilmiş çamurların depoya yerleştirilmesi.

Şekil 142. Top haline getirilmiş çamurların depoya yerleştirilmesi.

Şekil 143. Deponun kapaklarının kapatılışı.

Şekil 144. Deponun kapaklarının kapatılışı.

Şekil 145. Deponun kapaklarının kapatılışı.

Şekil 146. Ektruderin parçaları ve montaj aşaması.

Şekil 147. Ektruderin parçaları ve montaj aşaması.

Şekil 148. Ektruderin parçaları ve montaj aşaması.

Şekil 149. Ekstruderin montaj aşaması.

Şekil 150. Ekstruderin montaj aşaması.

Şekil 151. Ekstruderin montaj aşaması.

Şekil 152. Ekstruderin yazıcıya bağlanış aşamaları.

Şekil 153. Ekstruderin yazıcıya bağlanış aşamaları.

Şekil 154. Çamur deposu ile yazıcının birbirine bağlanış aşamaları.

Şekil 155. Çamur deposu ile yazıcının birbirine bağlanış aşamaları.

Şekil 156. Çamur deposu ile yazıcının birbirine bağlanış aşamaları.

Şekil 157. Yazıcının montajı tamamlanmış, çalışmaya hazır haldeki görüntüsü.

Şekil 158. “İnsan biraz da kendi emeğidir”, üç boyutlu yazıcı ve elle şekillendirme, iç dolgu: %15-%12-%7 gyroid, et kalınlığı: 2mm, 48x16x13 cm, 41x14.5x11 cm, 35x13x9.5 cm, kırmızı çamur (Yoğunluk: %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 159. “İnsan biraz da kendi emeğidir”, üç boyutlu yazıcı ve elle şekillendirme, iç dolgu: %15-%12-%7 gyroid, et kalınlığı: 2mm, 48x16x13 cm, 41x14.5x11 cm, 35x13x9.5 cm, kırmızı çamur (Yoğunluk: %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 160. “İnsan biraz da kendi emeğidir”, üç boyutlu yazıcı ve elle şekillendirme, iç dolgu: %15-%12-%7 gyroid, et kalınlığı: 2mm, 48x16x13 cm, 41x14.5x11 cm, 35x13x9.5 cm, kırmızı çamur (Yoğunluk: %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 161. “İnsan biraz da kendi emeğidir”, üç boyutlu yazıcı ve elle şekillendirme, iç dolgu: %15-%12-%7 gyroid, et kalınlığı: 2mm, 48x16x13 cm, 41x14.5x11 cm, 35x13x9.5 cm, kırmızı çamur (Yoğunluk: %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 162. “Çobanyıldızı”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, kahverengi çamur (Yoğunluk: %30), iç dolgu: %15 star (yıldız), 40x12x5.5 cm, 1000 °C, 2019.

Şekil 163. “Çobanyıldızı”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, kahverengi çamur (Yoğunluk: %30), iç dolgu: %15 star (yıldız), 40x12x5.5 cm, 1000 °C, 2019.

Şekil 164. “Çobanyıldızı”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, kahverengi çamur (Yoğunluk: %30), iç dolgu: %15 star (yıldız), 40x12x5.5 cm, 1000 °C, 2019.

Şekil 165. “Çobanyıldızı”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, kahverengi çamur (Yoğunluk: %30), iç dolgu: %15 star (yıldız), 40x12x5.5 cm, 1000 °C, 2019.

Şekil 166. “Kovan”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, iç dolgu: %10 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2mm, 37x11.5x7.5 cm, Limoges porselen çamuru (Yoğunluk:%22), 1100 °C, 2019.

Şekil 167. “Kovan”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, iç dolgu: %10 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2mm, 37x11.5x7.5 cm, Limoges porselen çamuru (Yoğunluk:%22), 1100 °C, 2019.

Şekil 168. “Kovan”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, iç dolgu: %10 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2mm, 37x11.5x7.5 cm, Limoges porselen çamuru (Yoğunluk:%22), 1100 °C, 2019.

Şekil 169. “Kovan”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, iç dolgu: %10 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2mm, 37x11.5x7.5 cm, Limoges porselen çamuru (Yoğunluk:%22), 1100 °C, 2019.

Şekil 170. “Yaratılış”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %15 gyroid, et kalınlığı: 1,2 mm, 50x15x13 cm, stoneware çamuru ve kahverengi çamur karışımı (çift renkli çamur) (Yoğunluk: %33), 1000 °C, 2019.

Şekil 171. “Yaratılış”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %15 gyroid, et kalınlığı: 1,2 mm, 50x15x13 cm, stoneware çamuru ve kahverengi çamur karışımı (çift renkli çamur) (Yoğunluk: %33), 1000 °C, 2019.

Şekil 172. “Yaratılış”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %15 gyroid, et kalınlığı: 1,2 mm, 50x15x13 cm, stoneware çamuru ve kahverengi çamur karışımı (çift renkli çamur) (Yoğunluk: %33), 1000 °C, 2019.

Şekil 173. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 174. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 175. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 176. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 177. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 178. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 179. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 180. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 181. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 182. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 183. “Bilinçaltı”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %12 hilbert curve (hilbert eğrisi), et kalınlığı 2mm, 17x13.5x7 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %36), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 184. “Bilinçaltı”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %12 hilbert curve (hilbert eğrisi), et kalınlığı 2mm, 17x13.5x7 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %36), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 185. “Bilinçaltı”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %12 hilbert curve (hilbert eğrisi), et kalınlığı 2mm, 17x13.5x7 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %36), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 186. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 187. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 188. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 189. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 190. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 191. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 192. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 193. “İnfilak”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 31x17x12 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 194. “İnfilak”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 31x17x12 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 195. “İnfilak”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 31x17x12 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 196. “İnfilak”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 31x17x12 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 197. “Ruh ikizi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 30x13x9 cm - 25x13x9, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 198. “Ruh ikizi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 30x13x9 cm - 25x13x9, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 199. “Ruh ikizi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 30x13x9 cm - 25x13x9, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 200. “Ruh ikizi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 30x13x9 cm - 25x13x9, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 201. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 202. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 203. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 204. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 205. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 206. “Ben arıyorum, dersin, balın var mıdır?”, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, kırmızı çamur (yarım küre için yoğunluk: %18), kırmızı çamur (ana gövde için yoğunluk %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 207. “Ben arıyorum, dersin, balın var mıdır?”, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, kırmızı çamur (yarım küre için yoğunluk: %18), kırmızı çamur (ana gövde için yoğunluk %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 208. “Ben arıyorum, dersin, balın var mıdır?”, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, kırmızı çamur (yarım küre için yoğunluk: %18), kırmızı çamur (ana gövde için yoğunluk %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 209. “Ben arıyorum, dersin, balın var mıdır?”, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, kırmızı çamur (yarım küre için yoğunluk: %18), kırmızı çamur (ana gövde için yoğunluk %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 210. “Ben arıyorum, dersin, balın var mıdır?”, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, kırmızı çamur (yarım küre için yoğunluk: %18), kırmızı çamur (ana gövde için yoğunluk %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

Şekil 211. “Beni yavaşlat”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme,yazıcının çalışma hızı: 100-140, et kalınlığı 2mm, 14x14x5.5 cm, 7x4cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

Şekil 212. “Beni yavaşlat”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme,yazıcının çalışma hızı: 100-140, et kalınlığı 2mm, 14x14x5.5 cm, 7x4cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

Şekil 213. “Beni yavaşlat”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme,yazıcının çalışma hızı: 100-140, et kalınlığı 2mm, 14x14x5.5 cm, 7x4cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

Şekil 214. “Yerden yüksek”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, yazıcının çalışma hızı: 150-100, 9x11,5x7 cm, 13x11x5.5 cm, stoneware çamuru, (yoğunluk: %35), 1000 °C, 2019.

Şekil 215. “Yerden yüksek”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, yazıcının çalışma hızı: 150-100, 9x11,5x7 cm, 13x11x5.5 cm, stoneware çamuru, (yoğunluk: %35), 1000 °C, 2019.

Şekil 216. “Yerden yüksek”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, yazıcının çalışma hızı: 150-100, 9x11,5x7 cm, 13x11x5.5 cm, stoneware çamuru, (yoğunluk: %35), 1000 °C, 2019.

Şekil 217. “Kimlik”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, 18x15x6 cm, kahverengi çamur ve stoneware çamuru karışımı, (yoğunluk: %32), 1000 °C, 2019.

Şekil 218. “Kimlik”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, 18x15x6 cm, kahverengi çamur ve stoneware çamuru karışımı, (yoğunluk: %32), 1000 °C, 2019.

Şekil 219. “Düş kaparı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, mobius iç dolgu: % 15 gyroid, et kalınlığı: 1,2-2 mm, 22x12x8cm, mobius: 10x4 cm, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

Şekil 220. “Düş kaparı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, mobius iç dolgu: % 15 gyroid, et kalınlığı: 1,2-2 mm, 22x12x8cm, mobius: 10x4 cm, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

Şekil 221. “Düş kaparı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, mobius iç dolgu: % 15 gyroid, et kalınlığı: 1,2-2 mm, 22x12x8cm, mobius: 10x4 cm, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

Şekil 222. “Düş kaparı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, mobius iç dolgu: % 15 gyroid, et kalınlığı: 1,2-2 mm, 22x12x8cm, mobius: 10x4 cm, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

Şekil 223. “Düş kaparı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, et kalınlığı: 1,2-2 mm, yarım parçaların boyutları 15x15x4, çeyrek parçaların boyutları 15x7,5x4, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

Şekil 224. “Düş kaparı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, et kalınlığı: 1,2-2 mm, yarım parçaların boyutları 15x15x4, çeyrek parçaların boyutları 15x7,5x4, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

Şekil 225. “Tamlık bölgesi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: % 15 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 1,2 mm, 10x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 226. “Tamlık bölgesi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: % 15 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 1,2 mm, 10x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 227. “Tamlık bölgesi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: % 15 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 1,2 mm, 10x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 228. “Sen başkasın ben başka”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 15 hilbert curve(hilbert eğrisi)-%12 rectilinear (düz çizgili), et kalınlığı: 2 mm, 18x16x5.5 cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

Şekil 229. “Sen başkasın ben başka”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 15 hilbert curve(hilbert eğrisi)-%12 rectilinear (düz çizgili), et kalınlığı: 2 mm, 18x16x5.5 cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

Şekil 230. “Yabancılaşma”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 20 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2 mm, 11x16x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 231. “Yabancılaşma”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 20 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2 mm, 11x16x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

Şekil 232. “Yabancılaşma”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 20 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2 mm, 11x16x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

TABLO LİSTESİ

Tablo1.Üretim aşamasında kullanılan çamurların su yüzdelerini belirten tablo.



GİRİŞ

Çalışma şekillerine göre farklı gruplara ayrılan üç boyutlu yazıcılar günümüzde plastik, metal, cam, beton ve seramik gibi pek çok malzemeyle üretim yapabilmektedirler.

Seramik malzeme kullanarak üretim yapabilen üç boyutlu yazıcı teknolojileri üç ana başlık altında toplanmaktadır. Bu teknolojiler; yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisi (Inkjet Powder Printing), seçici lazer sinterleme teknolojisi (Selective Laser Sintering –SLS) ve harç yığma teknolojisi (Fused Deposition Modeling –FDM) şeklinde sınıflandırılabilir. Gün geçtikçe gelişmekte olan bu üç teknolojinin kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile ilgili bilgilerin açık kaynaklı olması ulaşılabilirliğini kolaylaştırmış ve kişisel kullanımı arttırmıştır. Kişilerin yazıcı üretimi için gerekli olan parçalara kolayca ulaşabilmesi deneme ve tecrübelerin artmasını sağlamıştır.

Bu çalışmada kullanılan yazıcı Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü'nde hazır alınmış parçalar ve uygulamalara özel kurgulanmış parçalarla elde edilen, harç yığma tekniğiyle çalışan bir seramik üç boyutlu yazıcıdır. Elde edilen veriler çalışmanın uygulama bölümünde aktarılmıştır.

1.BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN TANIMI VE TARİHİ GELİŞİMİ

1.BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN TANIMI VE TARİHİ GELİŞİMİ

1.1.Üç Boyutlu Yazıcıların Tanımı ve Tarihî Gelişimi

Üç boyutlu yazıcılar bilgisayar yardımı ile tasarlanan nesneleri üretmek veya tarayıcılar yardımı ile üç boyutlu olarak taranmış gerçek nesneleri kopyalamak için kullanılan elektronik ve mekanik cihazlardır (Demirbaş & Arlı, 2017: 2). Üç boyutlu yazıcılar farklı materyallerle çalışma imkânı sunmalarının yanı sıra hızlı ve ölçekli bir şekilde el işçiliğine veya kalıba ihtiyaç duyulmadan üretim yapılabilmesini sağlarlar (Aslan, 2017: 2). Bu yazıcılar ile günümüzde, metal, plastik, seramik, çimento gibi malzemelerin yanı sıra amaca yönelik gıda ve hatta organik bileşenler ile de üretim yapılabilmektedir (Demirbaş & Arlı, 2017: 2).

Üç boyutlu yazıcıların ilk ortaya çıkışı 1970'lere dayanmaktadır. 1974 yılında David Jones'un *New Scientist* dergisinde yayınladığı makalesinde fotonlar aracılığıyla likit monomerlerden¹ katı cisimlerin elde edilebileceğine dair çalışması, üç boyutlu baskı tekniği ve hızlı prototipleme sürecinin fikir düzeyindeki başlangıcı olmuştur (Demirbaş & Arlı, 2017: 5).

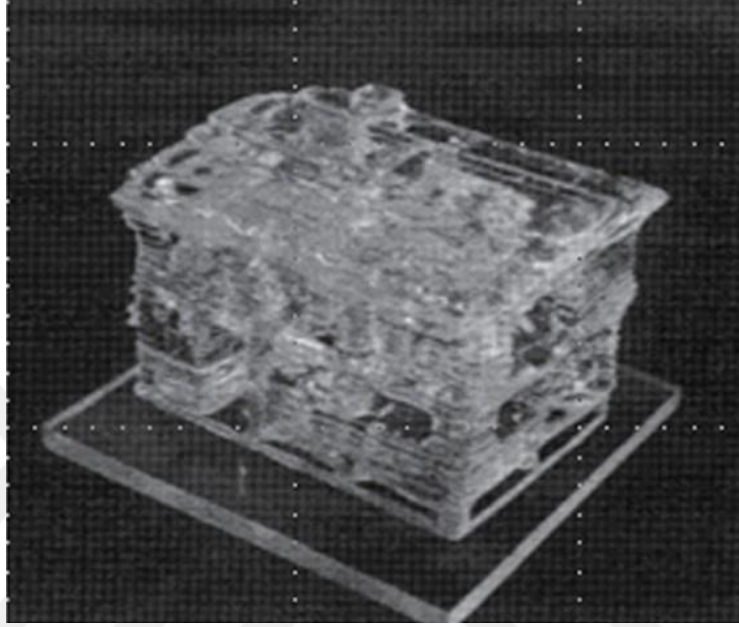
"1980lerde bilgisayar yazılımı artık kenarların ve yüzeylerin bir bütüne bağlandığı tam katı cisim modellemesinin üstesinden gelebilmekte ve bilgisayar bir model hakkında kesin bilgiyi daha iyi hesaplayabilmektedir. Aynı dönemde, ilk hızlı prototiplendirme makineleri ortaya çıkmaya başlamıştır." (Chee Kai Chua, 2003: 65)

1981 yılında, Nagoya Belediyesi Endüstriyel Araştırmalar Enstitüsü (Nagoya Municipal Industrial Research Institute)'den Hideo Kodama, ürettiği Fonksiyonel Fotopolimer² Hızlı Prototipleme Sistemi ile çalışan bir üç boyutlu yazıcıyla ilk katı model örneklerini üretmeyi başarmıştır (Beaman, 1997: 26). Üretilen bu prototipin

¹ **Monomer:** Birbirine bağlanarak polimer denen uzun zincirli karmaşık moleküller oluşturabilen basit molekül, yapı taşı (Terimler Sözlüğü, 2018).

² **Fotopolimer:** Işık enerjisine maruz kaldığında kimyasal reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen bir tür polimerdir (Fotopolimerler).

toplam üretim süresi 1 saat 40 dakika olup, üretiminde sıvı polimerlerin³ ultraviyole ışınları ile katılaşmasını sağlayan bir sistem kullanılmıştır (Pioneering research on three-dimensional printing, 2014, 2) (Şekil 1).



Şekil 1. Hideo Kodama tarafından tasarlanan üç boyutlu yazıcıyla üretilmiş ilk ev modeli.

(https://www.ieice.org/eng/about_ieice/new_honorary_members_award_winners/2014/image/g_19.jpg) (5.12.2017)

Genel olarak plastik ve metal malzeme kullanılarak üretilen ilk objeler çok yüksek kalitede olmadıklarından sadece prototip olarak kalmışlardır. Bu alandaki en önemli gelişmelerden biri ise 1984 yılında, “3D Systems” in kurucu ortaklarından olan Charles Hull’un stereolitografi tekniğini geliştirmesi olmuştur (Özgüven, 2017: 60-61). “Stereolitografi (SLA), yüksek hassasiyette 3 boyutlu parçaların üretimi için sıvı plastik malzemenin veya kompozitlerin katı kesitler halinde katman katman CAD (Computer Aided Design, Bilgisayar Destekli Tasarım) verilerinden doğrudan üretilmesidir”

³ **Polimer:** Tekrarlanan yapısal kümelerin oluşturduğu yüksek molekül ağırlıklı (birleşikler) (Türk Dil Kurumu Sözlükleri).

(Demirbaş & Arlı, 2017: 6). İlk SLA makineleri 90'lı yıllarda 3D Systems tarafından üretilmeye başlanmıştır. Çok net sonuçlar elde edilememesine rağmen bu teknoloji karmaşık parçaların kısa sürede üretimini sağlayabilmekteydi (Özgüven, 2017: 61).

SLA teknolojisiyle hemen hemen aynı yıllarda Teksas Üniversitesi'nden Dr. Carl Deckard ve Dr. Joe Beaman, toz halindeki materyalleri lazer ile katılaştırıp üç boyutlu objelerin imal edilebildiği SLS (Selective Lazer Sintering) teknolojisini geliştirdiler.

Günümüzde adını sıklıkla duyduğumuz FDM (Fused Deposition Modeling) teknolojisi ise 1989 yılında Scott Crump tarafından icat edilmiştir. Aynı zamanda Stratasys kurucu ortaklarından olan Crump'ın dijital verilerden üç boyutlu nesnelerin elde edilmesine olanak sağlayan bu buluşu 1990 yılında Stratasys tarafından ticarileştirilmiştir. FDM teknolojisi üzerindeki telif hakkının 2009 da ortadan kalmasının ardından makine mühendisi ve akademisyen Dr. Adrian Bowyer'in kurucusu olduğu RepRap projesi özgür yazılım ve donanım dünyasına ard arda üç boyutlu yazıcılar kazandırmaya başlamıştır (Demirbaş & Arlı, 2017: 6-7).

Özellikle telif haklarının ortadan kalkmasının ardından hızla gelişen üç boyutlu yazıcı teknolojisi çok hızlı bir şekilde ilerlemesini sürdürmekte ve mimari, inşaat, dişçilik, medikal, havacılık, uzay, savunma sanayisi, takı tasarımı, biyoteknoloji, moda ve endüstriyel tasarım gibi pek çok alanda aktif şekilde kullanılmaktadır (Aslan, 2017: 2).

1.2. Çalışma Prensiplerine Göre Üç Boyutlu Yazıcılar

Farklı çalışma prensiplerine sahip olan üç boyutlu yazıcıların ortak noktaları, bilgisayar destekli ortamlarda tasarlanmış ve STL⁴ formatında kaydedilmiş üç boyutlu nesneleri katmanlar halinde üretebilmeleridir. Fakat üretim tekniğindeki farklılıklar inşa hammaddesi olarak kullanılmak istenen malzemenin çeşidine ve üretilmesi planlanan

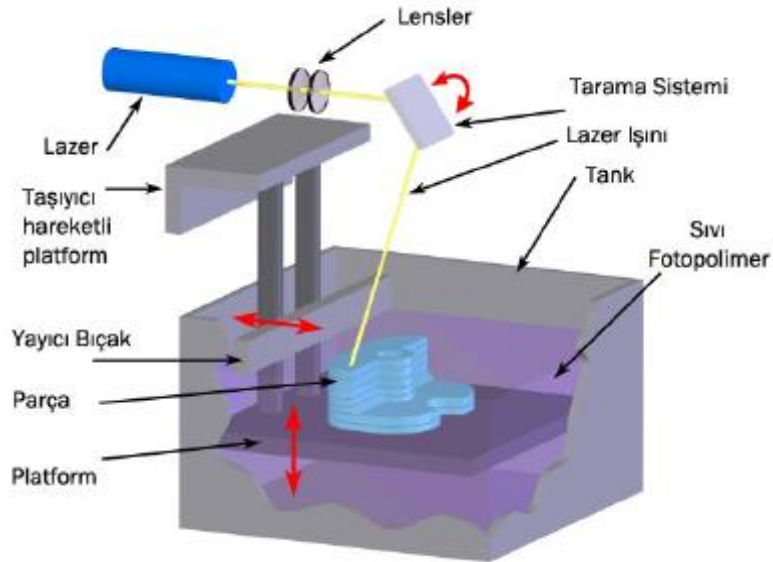
⁴ **Stereolithography:** Tipik bir bilgisayarda görüntüleme amaçlanmış üç boyutlu modelin sıklıkla dörtgenlerden oluşan yüzeyleri karşısında, STL formatındaki katı modeller üçgenlerden oluşacak şekilde modellenmiştir (Demirbaş & Arlı, 2017: 68).

tasarıma göre çeşitlilik göstermektedir. Üç boyutlu baskı dünyasında kullanılan farklı teknolojiler; Tarayarak Işıklı Kütleme Teknolojisi (Stereo Lithography Apparatus-SLA), Tabakalı Cisim Üretimi Teknolojisi (LOM), Toz Bağlama Teknolojisi, Eriyik Yığarak Modelleme Teknolojisi olarak dört ana başlık altında toplanabilir (Özgüven, 2017: 65).

1.2.1. Tarayarak Işıklı Kütleme Teknolojisi (Stereo Lithography Apparatus-SLA)

Charles Hull tarafından 1986 yılında geliştirilmiş olan bu teknoloji, kızıl ötesi ışıqla sertleşebilen fotopolimer malzemenin, bilgisayar aracılığıyla tasarlanmış modelin dijital tasarım verilerine bağılı kalarak katı kesitler halinde katman katman üretilmesi esasına dayanır. (Demirbaş & Arlı, 2017: 10).

Baskı esnasında bir havuzda bulunan malzemeye tasarımın verilerine bağılı olarak x ve y eksenini doğrultusunda lazer ışını uygulanırken, ürünün üzerinde oluşacağı tabla belirlenen katman yüksekliğinde ve z eksenini doğrultusunda aşağıya doğru iner (Özgündoğdu: 4) (Şekil 2).



Şekil 2. SLA teknolojisinin çalışma prensibi.

(Çelik, 2013: 57) (7.12.2017)

SLA teknolojisinde üretim yapılırken gerekli kısımlarda destek materyaller kullanılır, baskı işlemi sona erdiğinde ise model sıvı reçinenin içinden alınır ve destek materyaller modelden ayrılır (Aslan, 2017: 2).

“Bu teknolojiyi kullanan cihazlarda, hızlı bir şekilde katman inşasını bitirmek için ve daha ucuz olmasından dolayı, lazer gibi düşük güçlü ısı kaynakları kullanılarak, parçanın tam olarak kür olmasına yetecek kadar enerji verilmemektedir. Yüzde yüz kür seviyesine ulaşmak için, parçaya daha sonra tekrar bir işlem daha yapılmaktadır. Buna “post-cure” adı verilmektedir. Bu işlemde yarı kür verilmiş parçalar kızıl ötesi ışıkların bulunduğu bir kabinde bekletilmektedir. Işıklı kür teknolojisi ışığın nasıl yönlendirildiği ve kontrol edildiğine bağlı olarak kendi içinde “tarama”(scanning) ve “maskeleme”(masking) olmak üzere ikiye ayrılır.” (Özgüven, 2017: 65-66)

SLA teknolojisi, farklı veya aynı geometrik şekillere sahip birden çok parçayı aynı anda basabilme olasılığını sunmaktadır, bu parçalar prototip veya kalıp olarak tasarlanmış olabilecekleri gibi ince detaylı ve farklı kullanım amaçları olan objelerde olabilir. Ayrıca, üretilen parçalar hava basınçlı kalıplama, ısıll şekillendirme ve metal döküm süreçlerinde kullanılabilecek kadar sağlamdırlar (Demirbaş & Arlı, 2017: 10) (Şekil 3).



Şekil 3. Baskı işlemi tamamlandıktan sonra çekilmiş bir SLA yazıcının baskı zemini

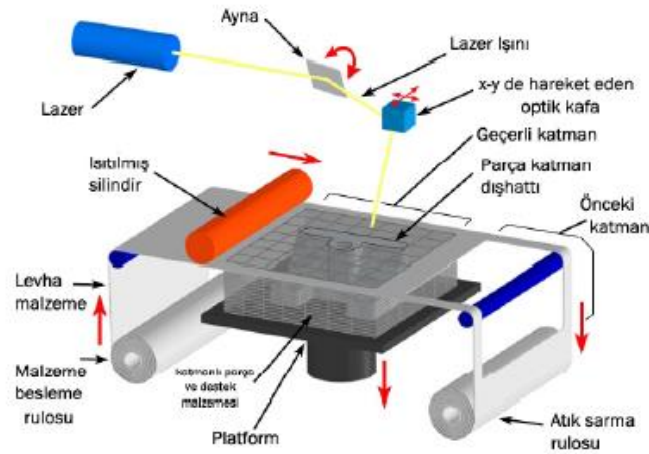
(<https://www.geeky-gadgets.com/wp-content/uploads/2013/12/Solidator-3D-Printer.jpg>)

(7.12.2017)

1.2.2.Tabakalı Nesne İmalat Teknolojisi (Laminated Object Manufacturing- LOM)

Tabakalı nesne imalat teknolojisi ile üretim, adından da anlaşılabilir olduğu gibi üretim hassasiyeti ve hızına bağlı olarak ince tabakalar halindeki materyallerin üst üste konulup her bir katmanda bilgisayar ortamında hazırlanmış olan modelin verileri esas alınarak kesim yapılması mantığına dayanır. Baskı süreci yazıcının baskı yüzeyine kâğıt, metal veya plastik gibi katı haldeki bir malzemelerin levha halinde yerleştirilmesiyle başlar. İlk katmanın üzerine yazıcı tarafından yapıştırıcı uygulandıktan sonra ikinci katman ilk katmanın üzerine ilave edilir ve dijital modelin verileri takip edilerek her katmanda lazer veya kesici uç yardımıyla kesim yapılır. Birbirini takip eden bu süreç model tamamlanana kadar katman katman uygulanmaya devam eder (Şekil 4-5).

Bu teknoloji tabakaları üst üste yığarak çalışması itibariyle eklemeli üretime, kesici bir uç yardımıyla katmanları keserek çalışması itibariyle CNC (Computer Numerical Control) teknolojisine yakınlık göstermektedir (Demirbaş & Arlı, 2017: 14).



Şekil 4. Tabakalı Nesne İmalat Teknolojisinin çalışma prensibi

(Çelik 2013: 60) (7.12.2017)



Şekil 5. Tabakalı Nesne İmalat Teknolojisi ile üretilmiş objeler

(Çelik 2013: 60) (7.12.2017)

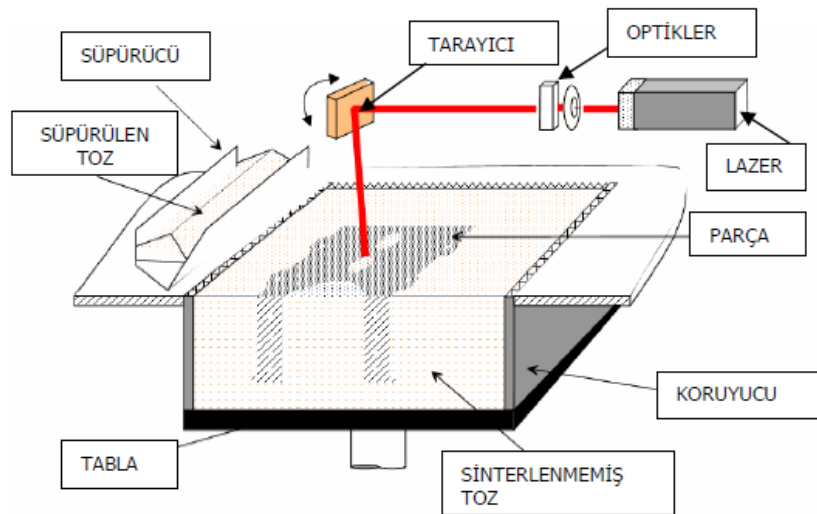
1.2.3. Toz Bağlama Teknolojisi (Powder Binding)

Toz bağlama teknolojisiyle üretim, yazıcı içindeki bir haznede bulunan toz halindeki malzemenin ince katmanlar halinde yayılması ve bilgisayar ortamında tasarlanmış ürünün verilerine bağlı olarak belirlenen bölgelerin sinterlenerek veya yapıştırıcı bir malzeme ile birbirine bağlanması ile oluşur. Bağlanmayan kısımlardaki toz zerrecikleri parçanın boşlukta kalan kısımları için destek malzemesi işlevini görür ve böylece parça başka bir destek malzemeye ihtiyaç duyulmadan üretilmiş olur. Bu teknoloji ile üretimde katmanların inşası için, seramik, metal, plastik, naylon veya cam tozu gibi malzemeler kullanılabilir.

Toz bağlama teknolojisi, üretim şekillerine bağlı olarak, seçici lazer sinterleme (SLS) teknolojisi ve yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisi olarak kendi içinde ikiye ayrılır (Özgüven, 2017: 66).

1.2.3.1. Seçici Lazer Sinterleme Teknolojisi (Selective Laser Sintering-SLS)

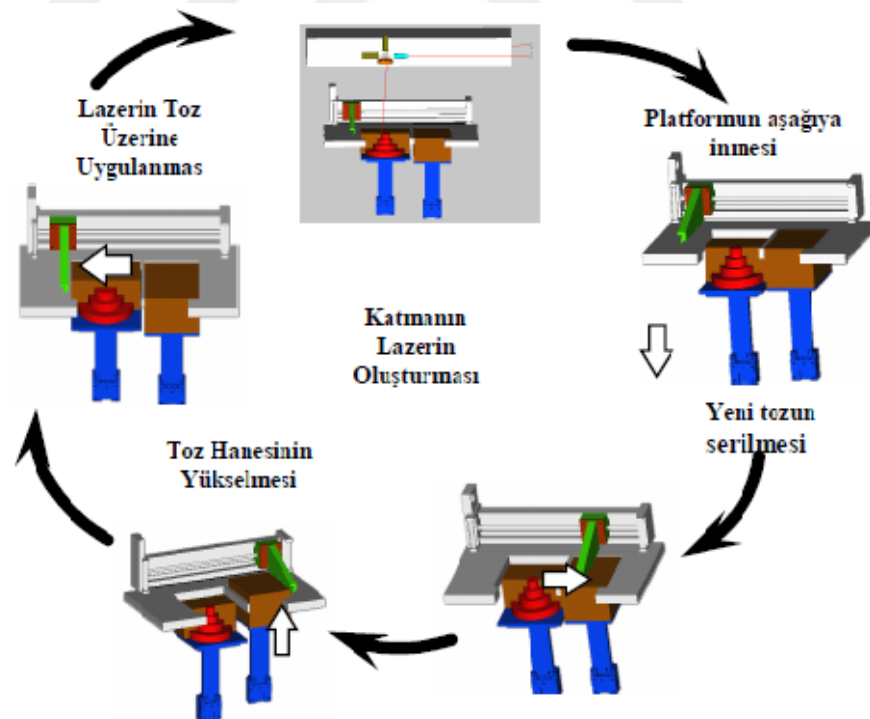
Seçici lazer sinterleme (SLS) teknolojisi, toz haldeki ufak parçacıkları birbirine bağlamak için yüksek güçlü lazer ışınları kullanan bir eklemeli üretim teknolojisidir (Demirbaş & Arlı, 2017: 11). Seçici lazer sinterleme (SLS) teknolojisi ile üretimin sağlanabilmesi için öncelikle üretilmek istenen obje üç boyutlu modelleme programlarından biriyle tasarlanmalı ve sonrasında STL formatında kaydedilmelidir. STL formatı üç boyutlu üretim için kullanılan cihazlarda standart formattır. “STL uzantısı parçayı poligon yaklaşımı kullanarak dönüştürmesi hızlı imalatla basitlik ve kullanılabilirlik kazandırmaktadır.” (Sofu & Delikanlı, 2006: 198). Tasarlanıp STL formatında kaydedilen objenin modeli, üretilmeden önce dilimleyici bazı yazılımlar yardımıyla parçanın yüksekliği boyunca yatay katmanlara bölünür (Aslan, 2017: 7) (Şekil 6).



Şekil 6. SLS makinesinin parçaları.

(Sofu & Delikanlı, 2006: 198) (7.12.2017)

Üretim aşamasına gelindiğinde ise, üretilmek istenilen objenin hangi malzemeden üretileceğine karar verildikten sonra, kullanılmak istenilen malzeme toz halde makinenin kartuşuna yüklenir. Kartuştaki toz malzeme ince bir tabaka halinde yazıcının haznesine yayılır. Daha sonra dilimleyici yazılımdan elde edilen veriler doğrultusunda hazne içindeki toz katmanını lazerle taranır. Bu işlem sırasında parçanın oluşturulacağı yerler lazer tarafından yakılırken, bilgisayar verilerine göre boşluk kalması gereken yerlerde lazer sistemi kesilir. Lazere maruz kalmayan tozlar üretilen obje için destek görevi görür ve böylece fazladan bir destek materyale ihtiyaç duyulmaz. Bir katmanın tarama işlemi bittiğinde hazne içindeki tabla z ekseninde aşağıya doğru belirlenen katman kalınlığı kadar hareket eder. Süpürücü sistem yardımı ile toz malzeme hazne üzerine serilir ve sinterleme işlemi tekrar başlatılır. Bu döngü objenin üretimi tamamlanana kadar tekrarlanır. Üretim işlemi tamamlandıktan sonra destek malzeme görevi gören tozlar fırça veya vakum emici yardımı ile temizlenir (Sofu & Delikanlı, 2006: 199) (Şekil 7).



Şekil 7. SLS teknolojisinin çalışma prensibi.

(Sofu & Delikanlı, 2006: 199) (7.12.2017)

1.2.3.2. Yapıştırıcıyla Toz Bağlama Teknolojisi (Color-Jet Printing-CJP)

Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisi, Seçici lazer sinterleme teknolojisi ile üretim açısından benzerlik göstermektedir. Ancak bu teknikte, toz haldeki malzemenin lazerle eritilerek sinterleştirilmesi yerine bağlayıcı görev yapan özel bir sıvı kullanılarak toz parçacıklarının birbirine bağlanması sağlanır (Özgündoğdu: 5).

Üretim aşamasında yazıcının haznesinde bulunan toz malzemeye bağlayıcı sıvı püskürtülür. Püskürtülen sıvı tozların birbirine bağlanmasını sağlar. Bir katmanın bağlanma işlemi bittiğinde hazne içinde bulunan tabaka belirlenen katman kalınlığı kadar aşağıya iner ve yazıcının süpürücü sistemi sayesinde yeni katman için kullanılacak toz malzeme hazne üzerine tekrar serilir. Bu işlemler ürün tamamen elde edilene kadar birbirini takip eder (Demirbaş & Arlı, 2017: 12).

Bu teknoloji aynı zamanda renkli parçaların üretimini için de elverişlidir, istenildiğinde yapıştırıcı malzemeye boya ilave edilebilir. Bu yöntem ile seçici lazer sinterlemeye göre daha düşük dirençli ama daha ayrıntılı ürünler elde edilmesini sağlar. Renklendirme işlemini baskı aşamasında yapabildiği için, mimari maketler veya fotogerçekçi figürler gibi detaylı çalışma gerektiren ürünler için daha elverişli bir üretim yöntemidir (Özgündoğdu: 5) (Şekil 8).



Şekil 8. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisi ile üretilmiş fotogerçekçi figür.

(<http://www.minyatip.com/wp-content/uploads/2014/10/161.jpg>) (10.12.2017)

1.2.4. Eriyik Yığarak Modelleme Teknolojisi (Fused Deposition Modeling –FDM)

Eriyik yığarak modelleme teknolojisinde üretim, sıvılaştırılmış veya plastik haldeki malzemenin ekstrüder yardımıyla üst üste katmanlar halinde inşa edilmesi esasına dayanır. Bu teknolojiye genel olarak kullanılacak olan malzeme bir nozul içerisinden, kontrollü bir şekilde üretim zemininin üzerinde akıtılır ya da püskürtülür. Bu sebeple bu teknoloji kendi içinde ikiye ayrılır (Özgüven, 2017: 70).

Püskürterek (spraying) harç yığma yönteminde, akışkan halde olan inşa malzemesi bilgisayar kontrollü bir veya daha fazla meme yardımı ile damlacıklar halinde yüzeye püskürtülerek inşa edilmektedir. Çoğunlukla memeden çıkış öncesi ve sonrası ısıtılarak sıvı hale getirilmiş olan inşa

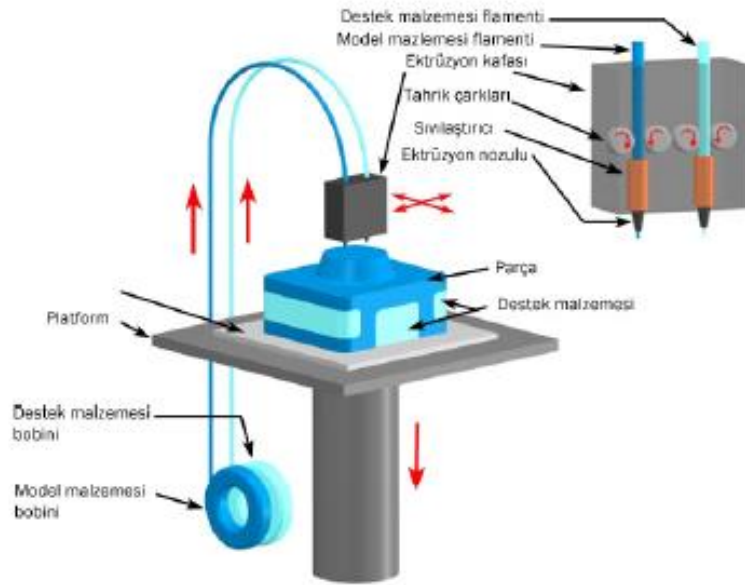
malzemeleri kullanılır. Bu malzeme daha sonra soğuyarak sertleşir ve ürün ortaya çıkmış olur (Özgüven, 2017: 70).

Erimiş malzemenin akıtıldığı üretim prensibinde, ince bir tel halinde bulunan termoplastik malzeme (filament), ekstrüder üzerinde bulunan sıcak baskı ucu ile eritilir ve böylece sıvı veya macun kıvamına gelir. Üretim için doğru kıvama gelmiş olan malzeme, bilgisayarda tasarlanmış olan objenin verilerine uygun olarak belirli noktalara akıtılır. Üretim aşamasında ekstrüderden akan her katman, aktıktan sonra kendisinden bir önceki katmana yapışır ve hızlı bir şekilde sertleşerek bir sonraki katman için uygun zemini oluşturur (Çelik, Karakoç, Çakır, & Duysak, 2013: 59) (Şekil 9-10).

Tarayarak ışıkla kürleme, tabakalı cisim üretimi ve toz bağlama teknolojisi gibi teknolojilerde, tasarlanan objenin inşası sırasında objenin, içinde toz veya sıvı bulunan bir hazneye batması sebebiyle ekstra destek materyallere ihtiyaç yoktur. Eriyik yığarak modelleme teknolojisinde ise bunun aksine obje zemin üzerinde katmanlar halinde oluşmaktayken çökmeden ayakta durabilmesi için ayrıca destek materyallere ihtiyaç duyulmaktadır (Özgündoğdu: 6).

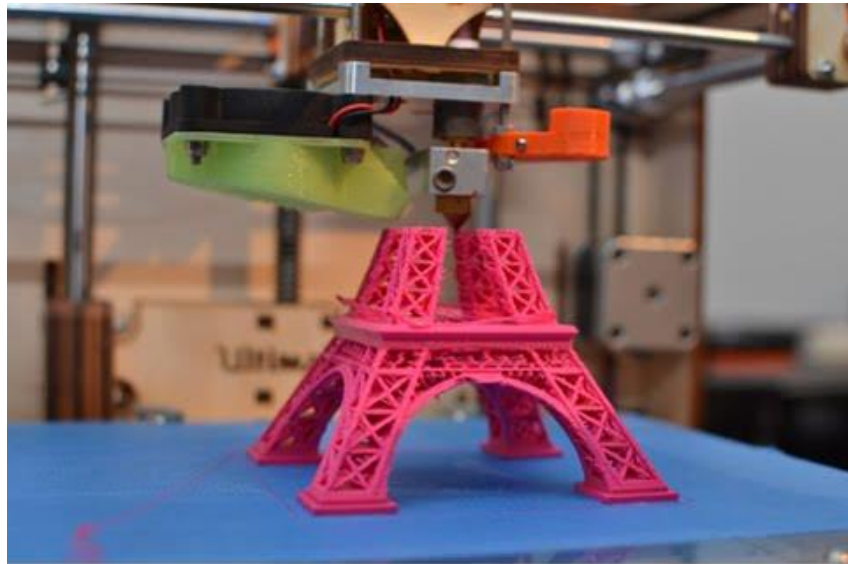
Bu teknolojiyi diğer teknolojilerden ayrı kılan en önemli özellik kullanıcıya, aynı katman içindeki farklı bölgelerde, kimyasal ve mekanik özellikleri farklı malzemeleri aynı anda kullanabilme imkanı sunmasıdır. Bu sayede çok malzemeli (multi-material) ürünlerin inşasına olanak sağlanmış olur (Özgüven, 2017: 70).

Eriyik yığarak modelleme teknolojisiyle çalışan yazıcılar, termoplastik malzemelerin yanı sıra, seramik, çimento, metal kili, çikolata ve hamur gibi pek çok farklı malzeme ile üretim yapabilmesini sağlamaktadır (Özgündoğdu: 6).



Şekil 9. Eriyik yığarak modelleme teknolojisinin çalışma prensibi

(Çelik, Karakoç, Çakır, & Duysak, 2013: 59) (10.12.2017)



Şekil 10. Eriyik yığarak modelleme teknolojisi ile üretilen bir ürün örneği.

(<http://1.bp.blogspot.com/8VS3m5wXeSs/VriqUmyY0UI/AAAAAAAAALo/iNHcceAQftA/s1600/4.jpg>) (10.12.2017)

1.3. Üç Boyutlu Seramik Yazıcıların Çalışma Prensipleri

Seramik üretiminde kullanılan üç boyutlu yazıcılar çalışma prensiplerine göre, Yapıştırıcıyla Toz Bağlama Teknolojisi (Inkjet Powder Printing), Seçici Lazer Sinterleme Teknolojisi (Selective Laser Sintering -SLS), Harç Yığıma Teknolojisi (Fused Deposition Modeling –FDM) şeklinde üç ana başlık altında toplanabilir.

Günümüzde hala gelişmekte olan bu üretim teknolojisi, seramik sanatında elle şekillendirilmesi zor olan formların üretiminde git gide yaygınlaşan yeni bir şekillendirme yöntemi olarak kabul edilmeye başlanmıştır (Martinez & Can, 2016: 1).

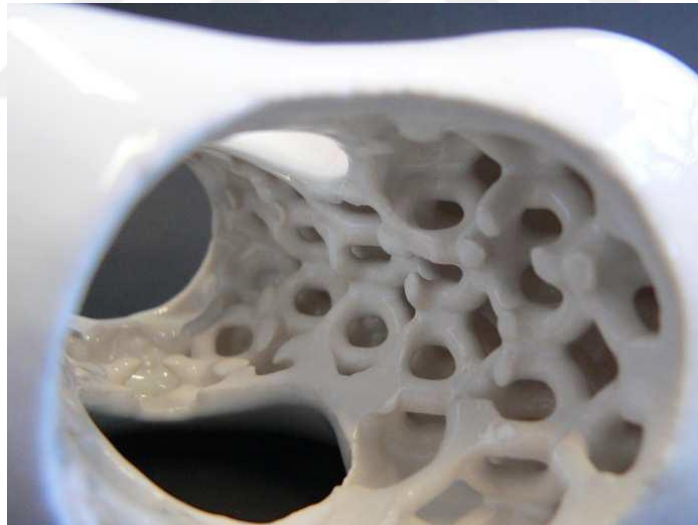
1.3.1. Yapıştırıcıyla Toz Bağlama Teknolojisi (Inkjet Powder Printing)

Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisi, üretim açısından incelendiğinde, seçici lazer sinterleme teknolojisiyle benzerlik göstermektedir. Ancak bu teknolojiye yazıcı haznesindeki seramik tozu zerrecikleri lazerle sinterleştirilmek yerine, özel bir sıvı malzemeye birbirine bağlanır (Özgündoğdu: 5).

İngiltere'nin Bristol şehrindeki West England Üniversitesi bünyesinde bulunan Baskı Araştırma Merkezi, yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisinin gelişimine büyük katkı sağlamıştır. Bu merkezde, Stephen Hoskins ve David Huson önderliğinde çalışan çeşitli araştırmacılar 1990'lardan beri gelişmekte olan, seramik tozlarının bağlanmasına ilişkin bu yöntemle ilgili çalışmalar yapmaktadırlar (Martinez & Can, 2016: 4).

West England Üniversitesi bünyesinde bulunan Baskı Araştırma Merkezi'nin yanı sıra pek çok farklı kurum ve kuruluştan çeşitli araştırmacılarda yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisiyle seramik üretimi konusu üzerinde çalışmalar yapmıştır. İlk olarak Z Corp firmasının ürettiği üç boyutlu yazıcıyla çalışmalar yapan araştırmacılar, ilk prototip üretimlerinde firmanın yazıcı için özel olarak ürettiği alçı bazlı tozu kullanılırken, daha sonra bu toz seramik bünye ile değiştirilmiş ve böylece bu teknikle üretilen seramiklerin ilk örneklerine ulaşılmıştır. Bu konuda yapılan ilk çalışmalar MIT'den Michael Cima ve Jongsuk Yoo tarafından yapılırken onları, Bowling Green üniversitesinden John Balistreri ve Washington üniversitesinden Mark Ganter izlemiştir.

Z corp yazıcılarında kullanılmakta olan tozun, seramik tozuyla değiştirilmesi aşamasında yapılan araştırmalar sonucunda, sofrta takımlarında kullanılan endüstriyel seramik tozuna benzer reçetede bir seramik tozu geliştirilmiştir. Endüstriyel seramik tozları, su ile karıştıklarında plastik hale geçen kil mineralleri içerir ve bu plastisite seramik bünyenin kalıbın şeklini almasını sağlar. Feldspatik akışkanlar gibi diğer bileşenler malzemeleri birbirine bağlamak ve pişme esnasında camsı bir yapı sağlamak amacıyla kullanılırlar ve son olarak öğütölmüş haldeki silisyum tanecikleri pişme esnasındaki termal genleşmeyi ve sırn yüzeye iyi tutunmasını sağlar. Fakat araştırmalar sonucunda geleneksel seramik tozunun plastisitesinin üç boyutlu baskı esnasında katmanları kararsız hale getirdiğı ve katmanlar arasında kaymalara sebebiyet verdiğı görölmüşür. Bu sebeple kil minerallerini plastik olmayan bir malzeme ile değıştirip, karışımına organik bağlayıcılar ekleyerek ve partiköl boyutu üzerinde tam kontrol sağlayarak üç boyutlu baskıya uygun bir seramik bünye geliştirilmiştir (Huson & Hoskins, 2014: 354).



Şekil 11.Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojiyle üretilmiş, iç hücre yapısına sahip seramik obje.

(Huson & Hoskins, 2014: 357) (10.12.2017)



Şekil 12. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisiyle üretilmiş, seramik kafes.

(Huson & Hoskins, 2014: 357) (10.12.2017)

Üç boyutlu yazıcıların seramik tozuyla çalışabilir hale getirilmesinin ardından yapılan ilk denemeler geleneksel yöntemlerle oluşturulmuş seramiklerle karşılaştırıldığında; üç boyutlu yazıcılarla üretilmiş olan seramik formların geleneksel yöntemlerle üretilen seramik formlara göre yüksek dereceli pişirimlerde daralma ve bozulma gösterdiği, ayrıca yapı olarak yüksek gözeneklilik ve düşük mukavemet sergilediği saptanmıştır. Bu dezavantajlarla, bir sanat eserini sorunsuzca üretebilmek mümkünken, kullanım amaçlı endüstriyel ürünler elde edilmeye çalışıldığında bu dezavantajlar sorunlara neden olmaktadır (Şekil 11-12). Bu sebeple üç boyutlu yazıcılarla üretilecek olan endüstriyel seramiklerin pişirim aşamasında deformasyona uğramalarını önlemek için aynı genleşme oranına sahip destek materyallerle beraber üretilmeleri ve yine beraber pişirilmeleri gerekmektedir (Huson & Hoskins, 2014: 355) (Şekil 13-14).



Şekil 13. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisiyle üretilmiş, seramik kâse ve destek materyali

(Huson & Hoskins, 2014: 357) (10.12.2017)



Şekil 14. Yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisiyle üretildikten sonra sırlanıp dekorlanmış seramik kâseler

(Huson & Hoskins, 2014: 357) (10.12.2017)

1.3.2.Seçici Lazer Sinterleme Teknolojisi (Selective Laser Sintering -SLS)

Seçici lazer sinterleme teknolojisiyle seramik üretimi, plastik ve metal tozu gibi diğer mazlemelerin üretimiyle benzerlik gösterebilir, üretim esnasında katman kalınlığı, uygulanacak lazerin gücü ve tarama hızı gibi etkenler kullanılacak olan seramik tozunun cinsine göre ayarlanmalıdır.

Seçici lazer sinterleme teknolojisiyle seramik üretimi üzerine yapılan araştırmalarda, ilk olarak alüminyum oksit, alüminyum silikat ve zirkonyum silikat gibi tozlar ile çeşitli denemeler yapılmış ve bu süreçte en iyi sonucu veren tozun zirkonyum silikat ($ZrSiO_4$) olduğu saptanmıştır. İlk olarak Fraunhofer IPT’de, 100 W lazer gücüyle başlatılmış olan çalışmalar günümüzde 200 W’lık lazer gücüne kadar çıkmıştır.

Toz haline getirilmiş zirkonyum silikat ile yapılan araştırmalarda, çeşitli tanecik boyutları gerek ayrı ayrı gruplandırılarak gerekse karıştırılarak bir takım deneyler yapılmış ve küçük boyutlu taneciklerin sadece yüzey kalitesini iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda eritmeleri için büyük partiküllerden daha az enerjiye ihtiyaç duymaları sebebiyle sinterlenmeyi de geliştirdikleri saptanmıştır. Buna karşılık, dezavantaj olarak artan miktarda küçük tanelerin topaklanmayı arttırdığı görülmüştür.

Seçici lazer sinterleme işlemi sırasında değişen parametrelerin sinterleme üzerindeki etkisinin belirlenmesi için ayrı ayrı incelenmesi gerekir. Örneğin lazer gücünün artması tozun içine daha fazla enerji verildiğinden gözenekli yapıların daha fazla kaynaşmasını sağlar ve böylece üretilecek olan numunenin yoğunluğunda bir artışa sebep olur. Bununla birlikte, numunenin yüzey pürüzlülüğünün de arttığı görülür. Çünkü üretim sırasında numuneye destek yapı sağlayan serbest yüzey alanları ile oluşmakta olan numunenin hacmi arasındaki oranı optimize ederek serbest toplu ısıyı azaltma çabası nedeniyle, kurutulmuş parçacıklar daha büyük küresel yapılar oluşturmaya meyillidir.

Lazerin tarama hızının artırılması ise tam tersi bir etki yaratmaktadır. Lazerin odaklanma hızı ne kadar yüksekse toz yatağına o kadar az enerji verilmiş olur ve

böylece daha az malzeme sinterlenir. Bunun sonucunda yoğunluk azalır, ancak yüzey kaplaması iyileşir

Dikkat edilmesi gereken bir diğer parametre de katman kalınlığıdır. Katman kalınlığının azaltılması ile işlem gören katmanın kendisinden önceki katmana kaynaşması için gerekli sinterleme derinliği de azaltılmış olur ve böylece daha hızlı tarama sağlanır. Ayrıca, daha küçük katman kalınlığı, daha detaylı çalışma imkanı sağlar ve bunun sonucunda üretim aşamasında bilgisayar destekli ortamda oluşturulmuş tasarıma en yakın sonuçların elde edilmesi sağlanmış olur (Klocke & Ader, 2003: 448-449) (Şekil 15).



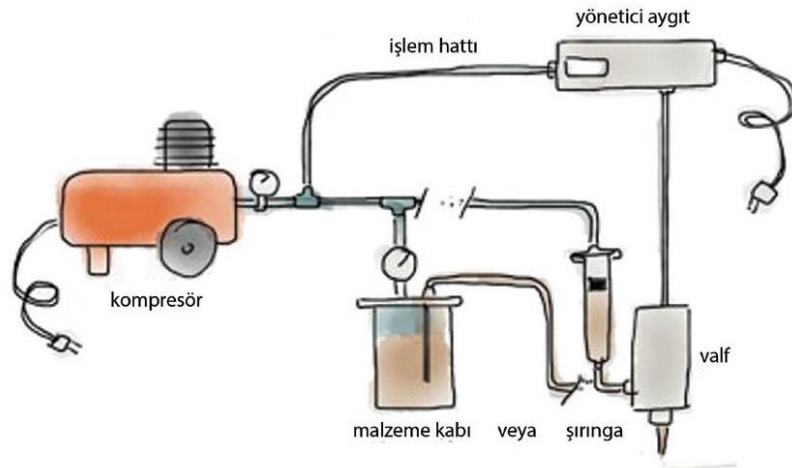
Şekil 15. John Balisteri tarafından, seçici lazer sinterleme teknolojisiyle üretilmiş seramik obje.

(Özgüven, 2017: 74) (17.12.2017)

1.3.3. Harç Yığma Teknolojisi (Fused Deposition Modeling –FDM)

Harç yığma teknolojisiyle çalışan üç boyutlu seramik yazıcıların çalışma prensipleri geleneksel şekilendirme yöntemlerinden sucuk yöntemiyle benzerlik göstermektedir. Bu teknolojiye plastik kıvamındaki seramik çamuru enjeksiyon benzeri bir uçtan (nozül) çamurun basınçla çıkmasıyla katmanlar halinde üst üste yığılır. Üretilmek istenilen objenin et kalınlığı ise yazıcının başlığına takılabilen farklı boyutlardaki nozullar ile kontrol edilebilir (Aslan, 2017: 14).

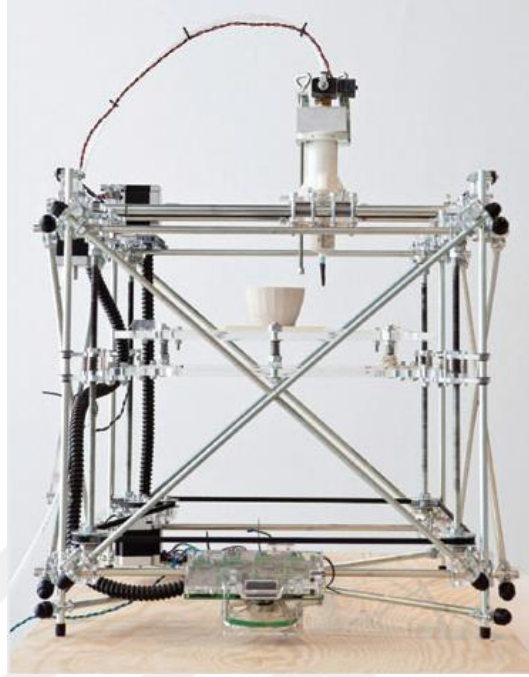
Harç yığma teknolojisi ile üretim yapan üç boyutlu yazıcıların kullanımı ve geliştirilmesi konusuna gelindiğinde bu konuyla ilgili en önemli çalışmaları yürüten grubun Belçika merkezli bir araştırma grubu olan Unfold Tasarım Stüdyosu olduğunu görürüz. Unfold Tasarım Stüdyosu 2002 yılında Clarie Warnier ve Dries Verbruggen tarafından kurulmuştur. Üretim anlamında yeni yaratım yolları geliştirmek amacıyla kurulmuş olan bu stüdyo 2009 yılında plastik malzemeye çalışmakta olan bir üç boyutlu yazıcıyı modifiye edip seramik malzemeye üretim yapmaya başlayan ilk stüdyodur (Şekil 16-17).



Şekil 16. Unfold tasarım stüdyosu'nun tasarladığı yazıcının düzeneği.

(<http://www.seramikturkiye.net/wp-content/uploads/2016/03/seramik-dergi-90.jpg>)

(17.12.2017)



Şekil 17. Unfold tasarım stüdyosu'nun 2009'da tasarladığı ve kullandığı ilk üç boyutlu seramik yazıcı.

(<http://www.seramikturkiye.net/wp-content/uploads/2016/03/seramik-dergi-90.jpg>)
(17.12.2017)

Daha sonra seramik sanatçısı Jonathan Keep, delta tipi olarak bilinen bir üç boyutlu yazıcıyı seramik malzeme ile çalışabilecek şekilde modifiye etmiş ve üretimler yapmaya başlamıştır. Keep aynı zamanda yazıcının modifikasyonu ile ilgili bilgileri ve teknik çizimleri kendi internet sitesi üzerinden yayınlamış ve böylece birçok kişiye kendi üç boyutlu yazıcılarını üretebilmeleri konusunda ilham kaynağı olmuştur (Martinez & Can, 2016: 7-8).

Harç yığma teknolojisiyle çalışan ve plastik bazlı üretim yapan üç boyutlu yazıcıların seramik üretebilecek şekilde modifiye edilebilmeleri için ilk olarak, içinde çamurun depolanacağı bir hazneye ve çamurun bu haznedeki ekstrüder kısmına itilmesini sağlayacak bir motora veya kompresöre ihtiyaç vardır (Şekil 18-19).



Şekil 18. Motor gücüyle çalışan üç boyutlu seramik yazıcı örneği

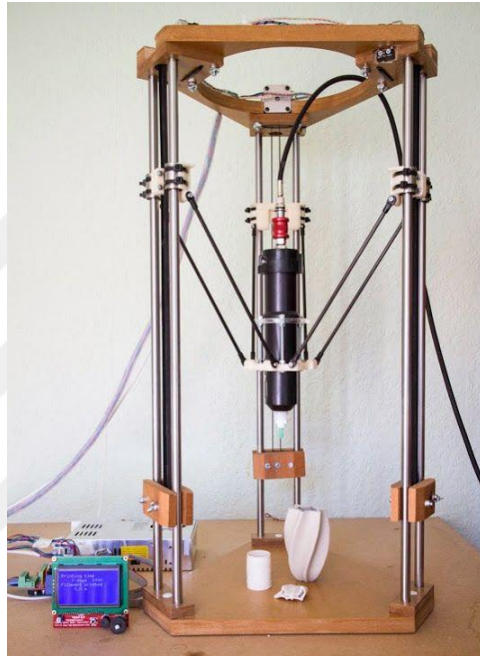
(<http://oliviervanherpt.com/img/3d-printer-ceramic-clay.jpg>) (17.12.2017)



Şekil 19. Kompresör ile çalışan üç boyutlu seramik yazıcı örneği.

(Aslan, 2017: 13) (17.12.2017)

Çamur çıkışının sağlandığı ekstrüder kısmında ise uygulanmak istenen modelin karmaşıklığına bağlı olarak, motorlu veya motorsuz olmak üzere iki farklı tasarım uygulanabilir. Motorlu ekstrüderlar daha kontrollü bir üretim sağlarken, motorsuz ekstrüderlar üretim aşamasında yazdırma işlemi yapılmaması gereken kısımlarda da malzeme akışını devam ettirmektedirler (Şekil 20-21).



Şekil 20. Motorsuz ekstrüder örneği

(<https://tr.pinterest.com/pin/518617713313887030/>) (17.12.2017)



Şekil 21. Motorlu ekstrüder örneği

(Aslan, 2017: 77) (17.12.2017)

Çamurun hazırlanıp, çamur deposuna yüklenmesi ise üretim aşamasında sorun yaşanmaması için çok önemlidir. Bu aşamada çamurun veya çamur deposunun içinde hava kalmaması için özen gösterilmelidir, aksi halde bu durum üretim esnasında yüzey bozukluklarına ve hatta ürünün tamamen bozulmasına sebep olabilir. Üretim için hazırlanan çamura spatula yardımıyla düz ve sert bir zemin üzerinde baskı uygulanarak içindeki havanın tamamen çıkması sağlanmalıdır. Daha sonra yaklaşık olarak 2-4 bar arasındaki bir basınçla hazne içinde ilerleyebilecek kıvamda getirilen çamur, çamur deposu olarak kullanılacak haznenin içine, kademe kademe hava kalmayacak şekilde yerleştirilmelidir (Aslan, 2017: 12-14) (Şekil 22-23).



Şekil 22-23. Çamur hazırlama ve hazırlanan çamurun depoya yerleştirilmesi aşaması.

(Aslan, 2017: 73-74) (17.12.2017)

Dikkat edilmesi gereken bir diğer aşama ise yazıcının üretim hızının çamurun kıvamına göre ayarlanması gerektiğidir. Eğer üretimde motorsuz ekstrüder kullanılıyorsa, yavaş üretim hızı ve daha yoğun kıvamlı bir çamur tercih edilmelidir. Eğer motorlu ekstrüder kullanılıyor ise de uygulanacak modelin karmaşıklığına da bağlı olarak üretim hızının arttırılması veya azaltılması gerekebilir.

Tüm bunların dışında tasarlanacak olan modelin üretim yöntemine uygun tasarlandığından emin olunmalıdır. Harç yığma teknolojisiyle çalışan üç boyutlu yazıcılar çamuru üst üste ekleme prensibiyle çalıştıkları için, tasarımlar yapılırken ters açılardan kaçınılmalıdır (Martinez & Can, 2016: 11).

Harç yığma teknolojisiyle çalışan üç boyutlu seramik yazıcılar atölye tarzı deneysel ve sanatsal seramik uygulamaları üzerine çalışan sanatçılar tarafından en çok tercih edilen teknolojidir (Özgünođdu: 6).



2.BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN SANAT TASARIM VE MİMARİ ALANLARINDAKİ KULLANIMI

2.BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN SANAT TASARIM VE MİMARİ ALANLARINDAKİ KULLANIMI

Seramik malzeme, kullanım ve üretim alanı açısından oldukça geniş bir skalaya sahiptir. Öyleki bu alanlar geleneksel üretimden, uzay teknolojisi alanlarına kadar çeşitlilik göstermektedir. Bu açıdan ele alındığında üç boyutlu yazıcılarla üretilebilecek seramik malzemelerin, sanatsal ürünlerden endüstriye, mimariden mühendisliğe ve hatta tıp alanındaki kullanımlarına varana dek çok çeşitli amaçlar için kullanılabileceği göz ardı edilmemelidir (Özgündoğdu: 7).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin kısa tarihine bakıldığında, bu teknolojinin seramik üretimi alanındaki kullanımının çok yeni olduğu söylenebilir. Ancak günümüzde pek çok sanatçı ve atölye üç boyutlu yazıcı teknolojisini seramik alanında geliştirebilmek için çalışmalarını sürdürmektedir. Büyük bir hızla devam etmekte olan çalışmaların bazıları bağımsız araştırma grupları ve sanatçılar tarafından sürdürülürken bazıları da üniversitelerde akademik olarak sürdürülmektedir (Martinez & Can, 2016: 4).

2.1. Üç Boyutlu Yazıcılar İle Üretim Yapan Sanatçılar

Günümüzde üç boyutlu yazıcılar, gerek yeni bir teknoloji olması açısından gerekse farklı malzemelerle mimariden takı tasarımına kadar çok çeşitli alanlarda, geleneksel üretimlerden uzak, farklı bir üretim imkânı sunmaları sebebiyle pek çok sanatçının ilgisini çekmektedir.

Bu sanatçıları inceleme aşamasına gelindiğinde, üç boyutlu yazıcılarla çalışan ama farklı teknik ve sanatsal bakış açısına sahip pek çok sanatçı olduğunu görürüz. Bu sanatçıların en önemlilerinden biri de Güney Afrika doğumlu seramik sanatçısı Jonathan Keep dir. 1979 yılında Natal Üniversitesi'nde güzel sanatlar eğitimini tamamlayan Keep, 1986 yılında İngiltere'ye yerleşmesinin ardından, 2002 yılında Londra Royal College of

Art'da yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır (Jonathan Keep: 1). Eserleri pek çok müze ve koleksiyonda sergilenen sanatçı, harç yığma teknolojisiyle çalışan delta tipi üç boyutlu yazıcıyı seramikle çalışır hale getirmeyi başarmış ve böylece pekçok kişinin rahatlıkla üretebileceği kadar basitleştirilmiş bir üç boyutlu seramik yazıcının temellerini atmıştır. Sanatçı ayrıca, üç boyutlu yazıcılar üzerine çalışan pek çok şirket ve tasarım stüdyosuyla birlikte çalışarak, seramik yazıcıların gelişimine katkı sağlamaya devam etmektedir (Aslan, 2017: 23).

Sanatçı, yerkürenin temel güçlerinden yani toprak, su ve ateşten oluşan geleneksel seramik formlarını yaratırken yine doğaya bağımlı kalmıştır. Sanatçı ayrıca, eserlerinde bilgisayar kodları ve temel matematiksel kalıpları kullanırken bu temel esin kaynağını göz ardı etmemiş ve oluşturduğu yeni katmanlarla doğanın temel elementlerini yeni bir anlayışla birleştirmeyi başarmıştır. Jonathan Keep için ürettiği bu seramik formlar, insanların doğaya ne kadar derin bir düzeyde bağlı olduğunun göstergesidir (Jonathan Keep: 2) (Şekil 24-25-26-27-28).



Şekil 24. Jonathan Keep, Iceberg (Buz Dağı) serisi.

(http://www.keep-art.co.uk/Singles/icebergs_10.html) (22.12.2017)



Şekil 25. Jonathan Keep, Iceberg (Buz Dağı) serisinden, ayrıntılı bir görüntü.

(http://www.keep-art.co.uk/Singles/icebergs_08.html) (22.12.2017)



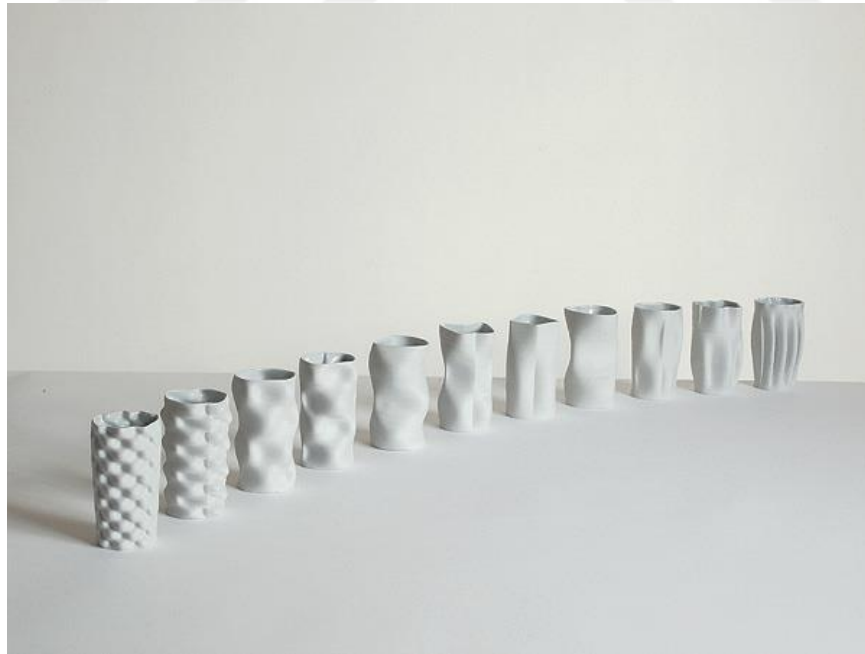
Şekil 26. Jonathan Keep, Seed Bed (Tohum Yatağı) serisi.

(<http://www.keep-art.co.uk/Singles/SeedBed.html>) (22.12.2017)



Şekil 27. Jonathan Keep, Tree (Ağaç) serisi.

(http://www.keep-art.co.uk/Singles/Trees_00.html) (22.12.2017)



Şekil 28. Jonathan Keep, Morfoloji serisi, Sin Cos, 12 x 6 cm.

(<http://www.keep-art.co.uk/Singles/morph04.htm>) (22.12.2017)

Eserlerinde genelde doğadan esinlenen sanatçının dikkat çeken bir diğer serisi de Sound Surface (Ses Yüzeyi) serisi dir. Sanatçı bu serisinde ilk olarak dijital platforma tasarlamış olduğu bir formun üzerine yine dijital olarak ses kayıtları yükleyerek, önceden tasarlamış olduğu form üzerinde seslerin dokusunun oluşmasını sağlamıştır. Böylece her formun başlangıcından bitimine kadar oluşan yüzey, adını aldığı parçanın ses ritmini ve tonunu temsil eder. Sanatçı bu serisinde duyabildiğimiz seslerin nasıl göründüklerini keşfetmeye ve bize yansıtmaya çalışmıştır (Sound Surface – Porcelain Vases Decorated With Sound, 2017) (Şekil 29-30-31).



Şekil 29. Jonathan Keep, Sound Surface (Ses Yüzeyi) serisi, Benjamin Britten Four Sea Interludes.

(http://www.keep-art.co.uk/Singles/sound_01.html) (22.12.2017)



Şekil 30. Jonathan Keep, Sound Surface (Yüzeyin Sesi), Human-Bird (İnsan-Kuş).

(http://www.keep-art.co.uk/Singles/sound_08.html) (22.12.2017)



Şekil 31. Jonathan Keep, Sound Surface (Yüzeyin Sesi), Bach – Toccata and Fugue.

(http://www.keep-art.co.uk/Singles/sound_05.html) (22.12.2017)

1989 doğumlu, Danimarka'lı sanatçı Olivier van Herpt de harç yığma teknolojisini kullanarak özgün seramik eserler üreten önemli sanatçılardan biridir. Harç yığma teknolojisiyle çalışan seramik yazıcılar ile genellikle küçük boyutlu üretimler yapılabilmektedir. Ancak sadece küçük boyutlu formlarla kısıtlı kalmayıp aynı zamanda insani boyutta formlar üzerinde çalışmak istediğini belirten sanatçı, kendi tasarladığı üç boyutlu yazıcısıyla mevcut üç boyutlu baskı teknolojilerinin sınırlarını zorlamaktadır (Özgüven, 2017: 79) (Şekil 32).



Şekil 32. Oliver Van Herp ve stüdyosunda kullandığı, motorlu üç boyutlu seramik yazıcısı.

(<https://3dprint.com/61564/dutch-3d-printed-ceramics/6/>) (25.12.2017)

Sadece kille değil aynı zamanda parafin ve balmumu gibi malzemelerle de çalışmalar yapan sanatçı, genel olarak, usta zanaatkârlar tarafından el ile dokunmuş gibi görünen vazolar, rastgele kusurlar ile üretilmiş seramikler üzerine çalışmaktadır (Zhuang, 2017:3) (Şekil 33).



Şekil 33. Oliver Van Herp, parafin çalışmalarından bir örnek.

(<http://oliviervanherpt.com/img/3d-dripping.jpg>) (25.12.2017)

Herpt, Fonksiyonel Üç Boyutlu Baskı Seramik (Functional 3D Printed Ceramics) araştırma projesi kapsamında üç boyutlu yazıcılarla üretilebilecek seramiklerle ilgili ilk araştırmalarını yaparken bu heyecan verici teknolojinin kendi beklentilerini karşılayacak kadar gelişmemiş olduğunu farketmiştir. Piyasadaki üç boyutlu yazıcılar, büyük boyutlarda üretim yapamadıkları gibi ortaya çıkan sonuçlar aynı zamanda ısı direnci düşük ve gıdalar için güvenli olmayan ürünlerden ibaretti. Bu sorunu çözmek için üç boyutlu baskı teknolojisi üzerinde iki yıl çalışan sanatçı, üç boyutlu baskı sırasında kullanacağı kili sulandırarak daha yumuşak bir kıvama getirmeye gerek kalmadan sert haliyle kullanabileceği bir ekstrüder tasarlamış ve böylece daha ayrıntılı ve büyük boyutlu eserler üretebilmiştir. Ayrıca kullanılan kilin sert bir kıvamda olması baskı sırasında oluşacak bozulma ve çökmeleri de engellemektedir.

Sanatçının ilk yaptığı denemelerde, seramik vazoların ve kaselerin katmanları açıkça belli olduğu için oluşan formlar kaba bir görünüme sahiptir. Ancak dokular, yüzeyler ve ebatlar üzerine deney yapmayı sürdüren sanatçı son çalışmalarının

boyutlarını, 42 cm çapına ve 80 cm boyuna kadar çıkartmayı başarmıştır (Functional 3D Printed Ceramics, 2012).

Olivier Van Herpt'in hala devam etmekte olan Fonksiyonel Üç Boyutlu Baskı Seramik araştırma projesinin bir parçası olan Sediment (Tortu) ve Woven (Dokuma) koleksiyonundaki eserler hem dekoratif hem de işlevsel olacak şekilde tasarlanmıştır. Eserlerin üzerindeki dokular eserlere estetik bir değer katmaktadır (3D Printed Ceramics – Olivier van Herpt, 2015: 11) (Şekil 34-35).



Şekil 34. Oliver Van Herp, Fonksiyonel Üç Boyutlu Baskı Seramik araştırma projesi kapsamında ürettiği objelerden örnekler.

(<https://i.pinimg.com/564x/38/f8/96/38f8965ad5f294f2a5dc8fe6ec5c22bb.jpg>) (25.12.2017)



Şekil 35. Oliver Van Herp, Fonksiyonel Üç Boyutlu Baskı Seramik araştırma projesi kapsamında ürettiği objelerden ayrıntılı bir görüntü.

(<http://oliviervanherpt.com/img/ceramic-3d-printer.jpg>) (25.12.2017)

Adaptive Manufacturing yani Uyumlu Üretim, Sander Wassink'in ve Olivier van Herpt'in işbirliğine dayalı bir grup projesi olup 2014'te başlamıştır. Uyumlu Üretim, ayrım noktası olarak teknolojik üretimin zanaatçının yerini alması ve böylece tüm insan ve yerel etkinin izlerini kaldırdığı sorunsalını ele almaktadır (Adaptive Manufacturing, 2014) (Şekil 36-37).



Şekil 36. Oliver Van Herp, Adaptive Manufacturing (Uyumlu Üretim) sersinden örnekler.

(<http://oliviervanherpt.com/img/adaptive-manufacturing-3d-printed.jpg>) (25.12.2017)



Şekil 37. Oliver Van Herp, Adaptive Manufacturing (Uyumlu Üretim) sersinden örnekler.

(<http://oliviervanherpt.com/img/3d-print-ceramic-object-herpt-wassink.jpg>) (25.12.2019)

Her yeni projesiyle üç boyutlu baskı teknolojinde yeni çözümlerde getirmeyi başaran sanatçının önemli eserlerinden biri de Gemeente Museum Den Haag için ürettiği çağdaş izler taşıyan porselen parçadır.

Porselenden üç boyutlu olarak basılan parçalar 17. yüzyıldan kalma bir Hollanda delftware çiçek piramidine atıfta bulunmaktadır. Delftware'i anmak için Olivier van Herpt, kobalt pigmentiyle karıştırılmış on dört istiflenebilir porselen parçayı üç boyutlu yazıcıda üretmiş ve daha sonra bu parçaları birleştirmiştir.

Üç boyutlu baskı sürecinde porseleni renklendirirken kullanılacak olan kobalt pigmenti çok çabuk dağılan ve hassas kullanılması gereken bir pigmenttir. Tam olarak bu sebeple renklendirme aşaması için yeni bir çözüm üretmesi gerektiğini bilen sanatçı çözümü kobalt ile renklendirdiği parçaları kullanacağı porselen çamurunun içine düzgün şeritler halinde yerleştirmekte bulmuştur (Arcanum, 2017) (Şekil 38-39-40).



Şekil 38. Oliver Van Herp, üç boyutlu yazıcıda kullanacağı porselen çamurunu renklendirirken.

(<http://oliviervanherpt.com/img/porcelain-delft-blue-ceramic.jpg>) (29.12.2017)



Şekil 39. Oliver Van Herp, Arcanum (Sır-Gizem), Porselen, 2017.

(<http://oliviervanherpt.com/img/3d-printed-porcelain.jpg>) (29.12.2017)



Şekil 40. Oliver Van Herp, Arcanum (Sır-Gizem), Porselen, 2017.

(<http://oliviervanherpt.com/img/3d-printing-porcelain.jpg>) (29.12.2017)

Solid Vibrations (Katı Titreşimler), Ricky van Broekhoven ve Olivier van Herpt'in ortak projesidir. Ricky van Broekhoven'in uzmanlık alanı ses tasarımı üzerinedir. İkilinin bu projedeki amaçları zihinde oluşan gürültünün görüntüsünü ortaya çıkarabilmek ve form üzerinde doku haline gelmesini sağlamaktır. Yapı platformunun altına monte edilen, özel olarak tasarlanmış, çok düşük ses titreşimleri üreten bir hoparlör sayesinde Broekhoven ve Herpt, ses titreşimlerini üç boyutlu yazıcı tarafından üretilen şekillere dönüştürmeyi başarmıştır (Solid Vibrations, 2015) (Şekil 41-42).



Şekil 41. Oliver Van Herp, Solid Vibrations (Katı Titreşimler), Seramik, 2015.

(<http://oliviervanherpt.com/img/ceramic-3d-printer-sound.jpg>) (5.1.2018)



Şekil 42. Oliver Van Herp, Solid Vibrations (Katı Titreşimler), Seramik, 2015.

(<http://oliviervanherpt.com/img/3d-printing-vibrations.jpg>) (5.1.2018)

Üniversite eğitimini fizik alanında tamamlamış olan İngiliz seramik sanatçısı Jack Hardie seramiğe öncelikle akşam sınıflarında başlamış, daha sonra aldığı eğitimlerle kendisini geliştirmiş ve bu tutkusunu yeni bir iş alanına dönüştürmeyi başarmıştır. 2005 yılında Bitter Beck Çömlekçilik adındaki atölyesini açmış olan sanatçı burada hem kendi sanatsal üslubunu yansıtan seramiklerini üretmiş hem de seramik kursları vermiştir. Hâlâ çalışmalarını Kendi seramik atölyesinde sürdüren sanatçı üç boyutlu yazıcı ile yaptığı üretimlerinin yanı sıra bir dönem sır alanın da çalışmalar yapmıştır. Amacının doğal formlardan ilham alarak yaşam ve hareket duygusu taşıyan seramikler yapmak olduğunu belirten sanatçı bu sanatsal tutumunu eserlerine de yansıttığı görülmektedir (Joan and Jack Hardie, 2017) (Şekil 43-44).

Hâlihazırdaki üç boyutlu yazıcıların kendi üretmek istediği formlara uygun olmadığını gören sanatçı aynı zaman da, Jonathan Keep'in geliştirmiş olduğu üç boyutlu yazıcı modeli üzerinde bir takım değişiklikler yaparak kendi üç boyutlu yazıcısını üretmiştir. Sanatçı daha önceki modelde kompresör ile çalışan ekstrüderi devre dışı bırakarak onun yerine elektrikli bir motor yardımıyla çalışan şırınga benzeri bir düzenek hazırlamıştır. Üç boyutlu yazıcı üzerinde yapılan bu yeni düzenlemeler kilin ekstrüderin ağız kısmından daha pürüzsüz çıkmasını sağlarken farklı renklerdeki kil karışımlarıyla çok renkli seramiklerin üretilmesine de olanak sağlamaktadır (Özgüven, 2017: 77).



Şekil 43. Jack Hardie, üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş porselen obje, 8 cm.

(https://cdn.shopify.com/s/files/1/2133/0987/products/IMG_5134_1050x.progressive.jpg?v=1510237288)
(8.1.2018)



Şekil 44. Jack Hardie, üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş çift renkli porselen obje, 26 cm.

(https://cdn.shopify.com/s/files/1/2133/0987/products/IMG_5007_1050x.progressive.jpg?v=1510237374)
(8.1.2018)

Hollandalı tasarım ikilisi Yao van den Heerik ve Marlieke Wijnakker 90'lı yılların sonlarına doğru Hollanda tasarım akademisinden mezun olduktan sonra 2014 yılında Vormvrij 3D firmasını kurmuşlardır (Macovei, 2015). Firmalarında harç yığma teknolojisiyle çalışan üç boyutlu seramik yazıcılar üzerine çalışmalar yapan bu iki sanatçı Lutum isimli bir üç boyutlu yazıcı geliştirmeyi başarmışlardır. Bu yazıcı hareketli bir ekstrüder sabit bir taban, yazıcıdan ayrı bir yerde bulunan bir kil deposu ve kilin ekstrüdere ulaşmasını sağlayan bir kompresörden oluşmaktadır (Özgüven, 2017: 81). İkilinin oluşturdukları bu yazıcı en fazla 85 cm boyunda ve 80 cm eninde baskı yapabilmektedir (Full Length Feature: New Digital Craft, 2014: 1) (Şekil 45).

Vormvrij 3D firmasının geliştirdiği Lutum yazıcı, tek bir baskıda birden fazla cismi yan yana kolayca yerleştirebilir ve bu da seri üretimde baskı başına düşen çalışma süresini en aza indirmeyi sağlar. Ayrıca çamur kartuşunu değiştirme işlemi bir dakikadan kısa sürmesi sebebiyle seri üretimde kullanılmak için oldukça uygundur (Mass Production With LUTUM 3D Clay Printers, 2018: 4). Bunun dışında çift ekstrüder ile de çalışabilen bu yazıcılar, aynı ürün üzerinde, iki farklı renkte çamurun kullanılmasına olanak sağlar (Aslan, 2017: 46) (Şekil 46-47-48-49).



Şekil 45. Vormvrij 3D firmasının geliştirdiği, harç yığma teknolojisiyle çalışan Lutum yazıcı.

(<https://3dclayprinting.com/wp-content/uploads/2018/01/Mass-production-3dclayprinting-vormvrij-clay-06.jpg>) (12.1.2018)



Şekil 46. Vormvrij 3D firmasının geliştirdiği, harç yığma teknolojisiyle çalışan, çift ekstrüderli Lutum yazıcı.

(<http://www.printing3d.news/wp-content/uploads/2016/11/Vormvrij-printing3dnews1.gif>)
(12.1.2018)



Şekil 47. Lutum yazıcı ile Yao van den Heerik tarafından üretilmiş seramik heykel.

(<http://www.3ders.org/images2016/vormvrij-lutum-clay-3d-printers-upgraded-for-superior-results-and-even-food-3d-printing-options-7.jpg>) (12.1.2018)



Şekil 48. Lutum yazıcı ile Yao van den Heerik tarafından üretilmiş, seramik obje.

(<https://www.instagram.com/p/BR0pjyngnne/?hl=tr&taken-by=vormvrij3d>) (12.1.2018)



Şekil 49. Lutum yazıcı ile Yao van den Heerik tarafından üretilmiş, seramik obje.

([https://lh3.googleusercontent.com/qFefb1-uEX-](https://lh3.googleusercontent.com/qFefb1-uEX-G__fQYQCJA_kku0xAY9aLaC4wWsjZoMX2aQFKuSK5djmQdehl1QZCvQ0QFFpZFU0rOg=w1920-h1080-rw-no)

[G__fQYQCJA_kku0xAY9aLaC4wWsjZoMX2aQFKuSK5djmQdehl1QZCvQ0QFFpZFU0rOg=w1920-h1080-rw-no](https://lh3.googleusercontent.com/qFefb1-uEX-G__fQYQCJA_kku0xAY9aLaC4wWsjZoMX2aQFKuSK5djmQdehl1QZCvQ0QFFpZFU0rOg=w1920-h1080-rw-no)) (12.1.2018)

Lisans eğitimini Güney Kore Keimyung Üniversitesi Medya Sanatları / Görsel İletişim Koleji’nde, yüksek lisans eğitimini ise Illinois Üniversitesi’nde grafik alanında tamamlamış olan disiplinler arası sanatçı Taekyeom Lee, Appalachian State Üniversitesi’nde Grafik Tasarımı alanında yardımcı doçent olarak görev yapmaktadır. Grafik alanındaki çalışmalarını genel olarak tipografi üzerine sürdüren ve “Tipografi, dijital çağdan sonra nereye aittir? Yeni bir tipografik deneyim sağlamak için dijital ve fiziksel materyalleri nasıl birleştiririz?” (Taekyeom Lee, 2015: 2) gibi sorularla yola çıkan sanatçı, üç boyutlu yazıcılar sayesinde tipografik çalışmalarına boyut kazandırmıştır. Böylece sanatçının yeniden tasarlamış olduğu harfler bir sayfanın veya ekranın statik yüzeyinde yer almaktan çıkıp doku, hacim ve boyut kazanırlar (Taekyeom Lee, 2015) (Şekil 50-51-52).



Şekil 50. Taekyeom Lee’nin üç boyutlu yazıcı ile ürettiği tipografik çalışmalarından örnekler, Seramik, 2016.

(http://portfolio.taekyeom.com/imgs/2016/2016_3Dtype_033.jpg) (13.1.2018)



Şekil 51. Taekyeom Lee'nin üç boyutlu yazıcı ile ürettiği seramik çalışmalarından örnekler, 2015-2016.

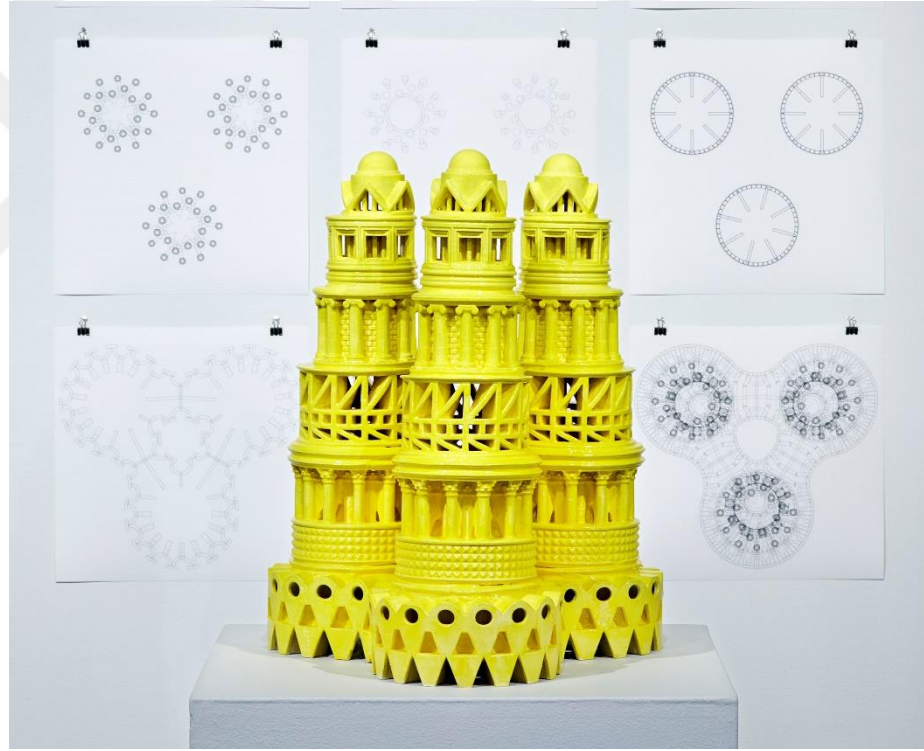
(http://portfolio.taekyeom.com/imgs/2016/2016_3Dprinted_ceramics_057.jpg) (13.1.2018)



Şekil 52. Taekyeom Lee'nin üç boyutlu yazıcı ile ürettiği seramik çalışmalarından örnekler, 2015-2016.

(http://portfolio.taekyeom.com/imgs/2016/2016_3Dtype_032.jpg) (13.1.2018)

Mimari ve güzel sanatlar alanlarında eğitim alan Londralı sanatçı Adam Nathaniel Furman, bu alanlarda yaptığı bireysel çalışmaların yanı sıra, UC Berkeley ve Cardiff Üniversitesi gibi üniversitelerde dersler vermiştir. Eserleri pek çok müze ve koleksiyonda sergilenen sanatçının üç boyutlu yazıcılarla yaptığı çalışmalarda özellikle mimarlık alanında aldığı eğitimlerin etkileri açıkça görülebilmektedir.(Adam Nathaniel Furman, 2018). Çalışmalarında ağırlıklı olarak seramik malzeme kullanan sanatçı bazı serilerinde seramiğin yanı sıra alçı, porselen ve plastik gibi malzemelerde kullanmaktadır (Andrews, 2013: 11) (Şekil 53-54-55-56).



Şekil 53. Adam Nathaniel Furman, Gerusalemme, seramik heykel, 2016.

(http://www.adamnathanielfurman.com/uploads/projects/categories/Peter_Lee__courtesy_of_Northern_Clay_Center_medium.jpg/original.jpg) (15.1.2018)



Şekil 54. Adam Nathaniel Furman, The Roman Singularity (Roma Tekilliği), seramik, 2014-2015.

([http://4.bp.blogspot.com/-](http://4.bp.blogspot.com/-XfelWPvDMrw/VQGxJimFjPI/AAAAAAAAAH0/7Xr9SVpoHLM/s1600/DSC_0880.jpg)

[XfelWPvDMrw/VQGxJimFjPI/AAAAAAAAAH0/7Xr9SVpoHLM/s1600/DSC_0880.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-XfelWPvDMrw/VQGxJimFjPI/AAAAAAAAAH0/7Xr9SVpoHLM/s1600/DSC_0880.jpg)) (15.1.2018)



Şekil 55. Adam Nathaniel Furman, Identity Parade (Kimlik Geçidi), seramik, plastik, alçı, 2013.

(<http://www.adamnathanielfurman.com/uploads/projects/categories/1M8E1567.jpg/original.jpg>)

(15.1.2018)



Şekil 56. Adam Nathaniel Furman, Identity Parade (Kimlik Geçidi), seramik, plastik, alçı, 2013.

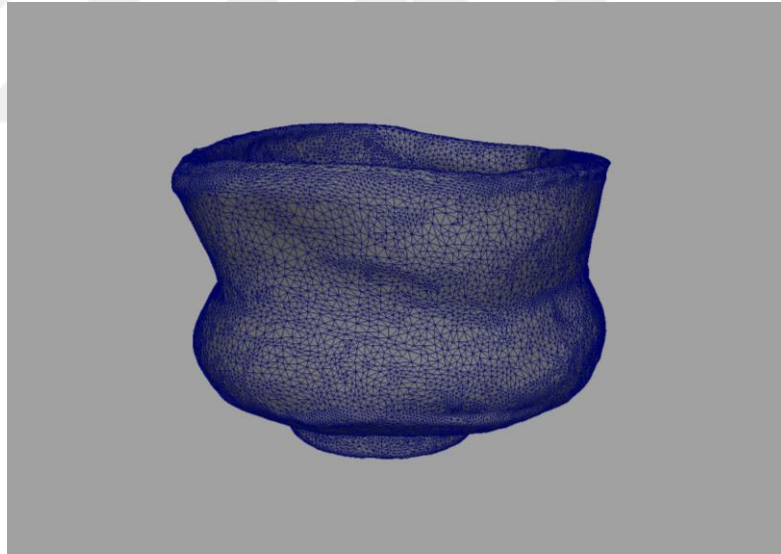
(http://www.adamnathanielfurman.com/uploads/projects/categories/gg_5068.jpg/original.jpg) (15.1.2018)

1996 yılından beri Bowling Green State Üniversitesi'nin seramik bölümünde bölüm başkanlığı yapmakta olan Profesör John Balistreri, büyük boyutlu seramik heykellerinin yanı sıra üç boyutlu baskı tekniklerini kullanarak seramik nesneler yaratmak için dijital teknolojiyi kullanan bir sanatçıdır. Seçici lazer sinterleme teknolojisini kullanarak eserler veren sanatçı 3D Tea Bowl Project(Üç Boyutlu Çay Kâsesi Projesi) adını verdiği projesinde, geleneksel yöntemlerle şekillendirilmiş olan seramik çay kâselerini tarayıcılar yardımıyla dijital ortama aktarıp daha sonra üç boyutlu yazıcılarla tekrar üretilmesini sağlamaktadır (Özgüven, 2017: 73) (Şekil 57-58-59).



Şekil 57. John Balistreri, 3D Tea Bowl Project (Üç Boyutlu Çay Kâsesi Projesi), elle şekillendirilmiş geleneksel çay kâseleri.

(<http://johnbalistreriartist.com/wp-content/uploads/2014/05/NewTeabowl-4-up2-2755344554-1280x1280.jpg>) (18.1.2018)



Şekil 58. John Balistreri, 3D Tea Bowl Project(Üç Boyutlu Çay Kasesi Projesi), elle şekillendirilmiş geleneksel çay kasesinin taranarak dijital ortama aktarılmış hali.

(<http://johnbalistreriartist.com/wp-content/uploads/2014/05/Picture-2-2755345684.png>) (18.1.2018)



Şekil 59. John Balistreri, 3D Tea Bowl Project(Üç Boyutlu Çay Kâsesi Projesi), dijital ortama aktarılmış geleneksel çay kâselerinin üç boyutlu yazıcı yardımıyla tekrar üretilmiş hali.

(http://johnbalistreriartist.com/wp-content/uploads/2014/05/DSC_0011RT.jpg) (18.1.2018)

Üç boyutlu baskı için seramik tozlar ve iyileştirilebilir seramik polimerler üreten Tethon 3D firmasında çalışan ve üç boyutlu yazıcılar konusunda uzman olan sanatçı Greg Pugh,(Tethon 3D) genelde seçici lazer sinterleme teknolojisiyle, elle üretilmesi mümkün olmayan formlar çalışmaktadır (Özgündoğdu: 10) (Şekil 60-61-62).



Şekil 60. Greg Pugh, Seçici lazer sinterleme teknolojisiyle şekillendirilmiş seramik küpeler, Vase Earrings (Vazo Küpeler).

(http://tethon3d.com/wp-content/themes/tethon3d/php/timthumb/timthumb.php?src=http://tethon3d.com/wp-content/uploads/IMG_1575-e1481314586100.jpg&w=480&h=480) (19.1.2018)



Şekil 61. Greg Pugh, Seçici lazer sinterleme teknolojisiyle şekillendirilmiş seramik formlar, Life Form (Yaşam Formu).

(<http://www.art-stream.com/wp-content/uploads/2016/02/Greg-Pugh-Lifeforms.jpg>) (19.1.2018)



Şekil 62. Greg Pugh, Seçici lazer sinterleme teknolojisiyle şekillendirilmiş seramik form, Crochet Mapping (Tığ Haritalama).

(http://www.onu.edu/files/styles/medium/public/images/greg_pugh_work.jpg?itok=QKPJi6ny) (19.1.2018)

1984 Bozüyük doğumlu sanatçı Emre Can, Bozüyük Anadolu Seramik Meslek Lisesi'nden mezun olduktan sonra lisans ve yüksek lisans eğitimini Afyon Kocatepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü'nde tamamlamıştır. 2012 yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak göreve başlayan Emre Can, 2013 yılında Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü'nde sanat eğitimine başlamış ve aynı zamanda Anadolu Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. Birçok ulusal ve uluslararası karma sergiye katılmış olan sanatçının üç boyutlu yazıcılarla ürettiği çalışmalar Selçuklu, Optik Efect, Bozulma ve Ortadoğu olmak üzere dört ana guruptan oluşmaktadır (Emre Can contemporary ceramic art) (Şekil 63-64-65-66).



Şekil 63. Emre Can, Selçuklu Trio Vazo, 3D Baskılı Seramik, 1160 ° C, Renkli kil, 29 x 21 x 22 cm, 2017

(<https://www.emrecanceramic.com/3rd-gallery>) (10.6.2019)



Şekil 64. Emre Can, Optik akış, Renkli Kil ve Şeffaf Sır ile 3D Baskılı Seramik, 1160 °C, 14 x 17 x 17 cm, 2017

(<https://www.emrecanceramic.com/2nd-gallery>) (10.6.2019)



Şekil 65. Emre Can, Doğa Serisinin Gücü, 3B Baskılı Seramik, 1160°C, 29 x 19 x 19 cm

(<https://www.emrecanceramic.com/deterioration>) (10.6.2019)



Şekil 66. Emre Can, Orta Doğu'da Kahvaltı, 3D Baskılı Porselen ve elle parçalama, 1230 ° C, arasındadır 21 x 58 x 41 cm, 2018
(<https://www.emrecanceramic.com/middle-east>) (10.6.2019)

Colorado üniversitesinde çevre tasarımı alanında lisans eğitimini tamamladıktan sonra, yüksek lisans eğitimini de New York'taki Columbia üniversitesinde mimarlık üzerine tamamlayan Ronald Rael, California, Berkeley üniversitesinde mimarlık alanında doçentlik görevini sürdürmekte ve bunun yanı sıra Çevre Tasarımı Koleji'nde ve Sanatta Uygulamalı Sanatlar Bölümü'nde de görev yapmaktadır (Ronald Rael).

Mimari alanında pek çok önemli yayını olan Ronald Rael, Emerging Objects (Gelişen objeler) ve Berkeley üniversitesi bünyesindeki printFARM'ın (print Facility for Architecture, Research and Materials - Mimari, Araştırma ve Materyal Yazdırma kuruluşu) direktörlüğünü yürütmektedir. Emerging Objects (Gelişen objeler) ve printFARM genel olarak üç boyutlu yazıcılar ile üretilebilecek mimari projeler üzerine araştırma yapmakta ve bu projelerde kullanılabilecek büyük boyutlu üretim yapabilen üç boyutlu yazıcıların tasarımı üzerine çalışmaktadır (Fratello, 2018: 1-3).

Emerging Objects (Gelişen Objeler), Ronald Rael başkanlığında kurulan, üç boyutlu baskı mimarisi, mimari yapı bileşenleri, mimari ortamlar ve ürünlerdeki yenilikler üzerine bağımsız çalışmalar yapan üç boyutlu bir baskı araştırma merkezidir (Fratello, 2018:2). Seramik malzemenin yanı sıra çimento, kauçuk, metal, plastik, tuz, kum gibi malzemelerle de üretim yapmaktadırlar (Our 3D Printed Desing & Material Innovations, 2018) (Şekil 67-68-69-70-71-72).



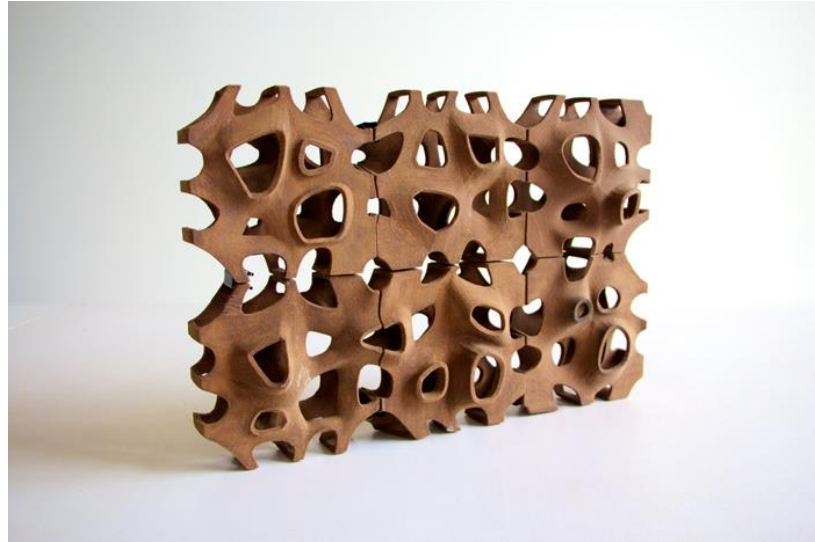
Şekil 67. Ronald Rael, Virginia San Fratello ve Seong Koo Lee tarafından tasarlanmış ve tuzdan üretilmiş Saltygloo projesi, 2013.

(<http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2013/09/saltroom01.jpg>) (21.1.2018)



Şekil 68. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Emily Licht, Nick Buccelli ve Kent Wilson tarafından tasarlanmış olan, Seat Slug (Salyangoz Koltuk) projesi, Çimento, 3,3m x 1m x 35cm, 2011.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2011/12/SeatSlug1_LR1.jpg) (22.1.2018)



Şekil 69. Virginia San Fratello, Ronald Rael, Molly Wagner ve Victoria Lerou tarafından tasarlanan Poroso (Gözenekli) projesi, geri dönüştürülmüş ahşap lifleri ve tarımsal atıklardan oluşturulmuştur, 47cm x 32cm x 10cm.

(<http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2013/12/poroso4.jpg>) (22.1.2018)



Şekil 70. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Kent Wilson ve Alex Schofield, Vuong Dao tarafından tasarlanmış Rubber Pouff (Kauçuk Puf) projesi, Kauçuk, 2016.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2016/07/rubber_pouff-1.jpg) (22.1.2018)



Şekil 71. Ronald Rael ve Virginia San Fratello tarafından tasarlanmış, Quake Column (Deprem kolonu), 195,5 cm, kum.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2014/05/quake_column3.jpg) (23.1.2018)



Şekil 72. Ronald Rael ve Virginia San Fratello tarafından tasarlanmış, Quake Column (Deprem kolonu), 195,5 cm, kum.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2014/05/quake_column2.jpg) (23.1.2018)

Tuz, kum ve çay gibi farklı malzemeleri üç boyutlu yazıcılarda kullanılabilecek şekilde geliştirmenin yanı sıra, özellikle seramik malzemeyle büyük boyutlarda üretim yapılabilmesini sağlamak amacıyla üç boyutlu yazıcı üreten çeşitli firmalarla ortak çalışmalar yürüten Emerging Objects'in (Gelişen Objeler) 3D Potter firması ile yürüttüğü ortak çalışmaların sonucu ortaya harç yığıma teknolojisiyle çalışan Potterbot XLS-1 isimli yazıcı çıkmıştır. Bu yazıcı büyük boyutlu üretim yapabilmesinin yanı sıra seri üretiminide kolaylaştıran bir çalışma hızına sahiptir. Üç metre uzunluğunda ve üç metre çapında baskı kapasitesine sahip olan bu yazıcının kendi etrafında 360 derece dönerek üretim yapabilme özelliği yazıcının kendisinden daha büyük objeleri üretebilmesine olanak tanır. Potterbot XLS-1 aynı zamanda beton ve gıda malzemeleri gibi maddelerle de üretim yapmaya elverişlidir (Potterbot XLS-1, 2017) (Şekil 73).



Şekil 73. Emerging Objects (Gelişen Objeler) ve 3D Potter firmasının ortak çalışmaların sonucu geliştirilmiş olan, harç yığma teknolojisiyle çalışan Potterbot XLS-1 isimli yazıcı.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2017/10/Resized_20170824_140531-1000x1000.jpg) (25.1.2018)

Emerging Objects bünyesinde, üç boyutlu yazıcılarla seramik malzeme kullanılarak üretilmiş projeleri incelediğimizde mimari de kullanılabilecek duvar kaplamaları ve tuğlalardan sanatsal çalışmalara kadar çok farklı amaçlara hizmet eden projeler üzerine çalışılmış olduğunu görürüz. . Bad Ombré (Kötü Ombre) serisi de bu projelerden biridir. Başkan Donald J. Trump'ın kötü insanlar anlamına gelen "bad hombres" sözcüğünü Amerika Meksika sınırında yaşamakta olan insanlar için kullanmasına ve Meksika'yı Amerika'dan ayırmak için bir duvar inşa edilmesi gerektiğini belirtmesine bir tepki olarak ortaya çıkmış olan bu seride, hombre sözcüğünün telaffuzu, bir rengin diğerine aşamalı bir şekilde karışması anlamına gelen ombré'ye benzetilmiş ve serinin adı buradan ortaya çıkmıştır.

Bad Ombré (Kötü Ombre) serisindeki seramik formlar da kullanılan farklı renk ve niteliklere sahip olan killerin üretim sırasında kaynaşarak tek bir form oluşturması, farklı iki kültürün tek bir bünyede bir araya gelerek bütünü oluşturabileceği mesajını vermektedir (Bad Ombres v.1, 2017) (Şekil 74-75).



Şekil 74. Ronald Rael, Virginia San Fratello ve Phirak Suon tarafından tasarlanmış, Bad Ombré v.1 serisinden örnekler, 2017.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2017/03/bad_ombre_rev1-3.jpg) (26.1.2018)



Şekil 75. Ronald Rael, Virginia San Fratello ve Phirak Suon tarafından tasarlanmış, Bad Ombré v.2 serisinden örnekler, 2017.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2017/03/bad_ombre_rev2-3.jpg) (26.1.2018)

Seed Stitch Wall (Tohum Dikişı Duvarı), üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş bir seramik duvar kaplama projesidir. Tohum dikiş adını örme kumaş dokusundan alır. Üretilmiş her seramik karo, binanın yüzeyine kolayca monte edilebilmesi için bir eğriye sahiptir. Karoların kolay monte edilebilmesi aynı zamanda hızlı montaj imkânı da sağlamaktadır (Seed Stitch, 2016) (Şekil 76-77-78).



Şekil 76. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Kent Wilson ve Alex Schofield tasarlanmış Seed Stitch Wall (Tohum Dikişı Duvarı) projesi, 2016.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2016/05/seed_stich_wall2.jpg) (30.1.2018)



Şekil 77. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Kent Wilson ve Alex Schofield tasarlanmış Seed Stitch Wall (Tohum Dikişı Duvarı) projesi, 2016.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2016/05/seed_stich_wall5.jpg) (30.1.2018)



Şekil 78. Ronald Rael, Virginia San Fratello, Kent Wilson ve Alex Schofield tasarlanmış Seed Stitch Wall (Tohum Dikişi Duvarı) projesi, 2016.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2016/05/seed_stich_wall8.jpg) (30.1.2018)

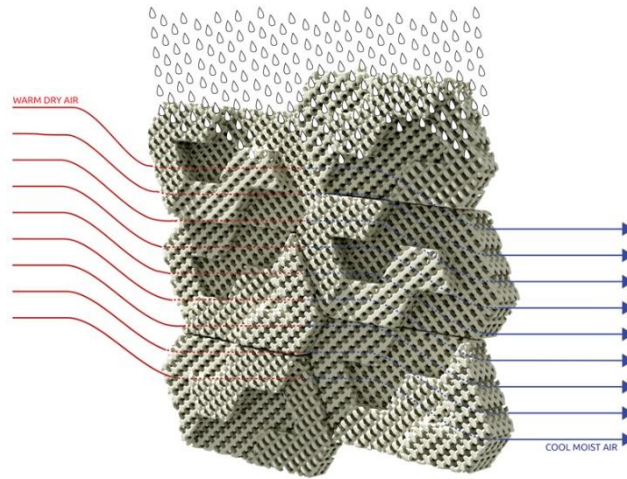
Üç boyutlu yazıcılarla üretilmiş olan Cool Brick (Serin Tuğla) duvar sistemi, gözenekli seramik tuğlalardan oluşmaktadır. Bu tuğlalar havanın duvardan geçmesini sağlayan üç boyutlu kafesler şeklinde tasarlanmış olmalarının yanı sıra su emme özelliğine de sahiptirler ve genellikle çöl ikliminin hâkim olduğu alanlarda suyun buharlaşmasından yararlanılarak kendiliğinden bir soğutma sağlamak için tasarlanmışlardır. Tuğlaların içinden geçen hava, seramikteki mikro-gözeneklerde tutulan suyu buharlaştırır ve böylece buharlaşmalı soğutma prensibi kullanılarak iç mekânın sıcaklığı düşürülmüş olur.

Modüler olarak tasarlanmış olan tuğlalar, bağlayıcı herhangi bir maddeye ihtiyaç duyulmadan iç içe geçirilerek kullanılabilirler ancak harç kullanıldığında daha sağlam bir bağ oluştururlar. Ayrıca tuğlaların şeklinin duvar yüzeyinin büyük bir yüzünü gölgede bırakacak şekilde tasarlanmış olması da duvarın serinletme performansını iyileştirmektedir (Cool Brick, 2015) (Şekil 79-80).



Şekil 79. Cool Brick (Serin Tuğla), Kuru, sıcak iklimlerde kullanım için, Virginia San Fratello ve Ronald Rael tarafından tasarlanmıştır, 2015.

(<http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2015/01/coolbrick1.jpg>) (3.2.2018)



Şekil 80. Cool Brick (Serin Tuğla), Kuru, sıcak iklimlerde kullanım için, Virginia San Fratello ve Ronald Rael tarafından tasarlanmıştır, 2015.

(http://www.emergingobjects.com/wp-content/uploads/2015/01/coolbrick_wind-drawing.jpg) (3.2.2018)

2.2. Üç Boyutlu Yazıcılar İle Üretim Yapan Tasarım Stüdyoları ve Seramik Araştırma Merkezleri.

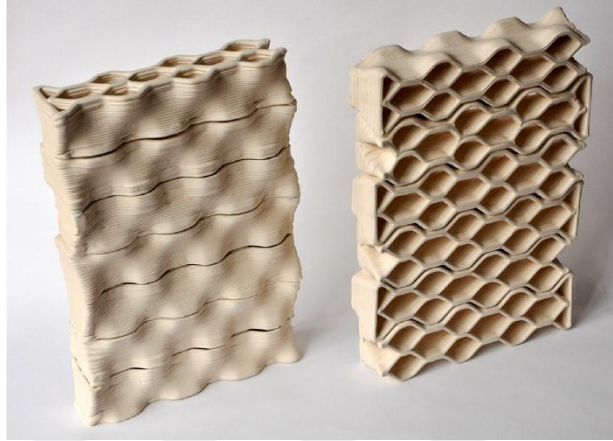
Sanat tasarım ve mimari alanında üç boyutlu yazıcıları kullanan bireysel sanatçıların yanı sıra, bazı tasarım stüdyoları ve seramik araştırma merkezleri de yaptıkları yenilikçi çalışmalarla dikkat çekmektedir. Hem seramik alanında hem de dijital üretimler üzerine teknik araştırmalar ve uygulamalar yapan Data Clay de bu merkezlerden biridir. Özellikle seramik alanında gelişmekte olan teknolojiler ile ilgili deneylerin teşvik edildiği ve paylaşıldığı çevrimiçi bir veri tabanı olan Data Clay, açık kaynaklı bir veri paylaşım platformu olması sayesinde her disiplinden öğrenciler ve eğitimcilerin materyal ve teknik anlamda ihtiyaç duydukları tüm bilgilere kolayca ulaşmalarını sağlar (Özgüven, 2017: 83-84).

Data Clay bünyesinde dijital üretime dair birbirinden farklı pek çok proje yürütülmektedir, bunlardan biride Amsterdam merkezli Design Lab Workshop'un kurucularından olan Brian Peters'in Building Bytes (Byte inşası) projesidir. Building Bytes, seramik tuğlaların üç boyutlu yazıcılarla üretim olanaklarını araştırmak ve yeni mimari konstrüksiyonlar geliştirmek amacıyla yapılmış bir projedir. Yenilikçi tuğlalar üretmek için geleneksel bir malzeme olan seramik ve yeni bir üretim biçimi olan üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanan Brian Peters böylece üç boyutlu yazıcıları taşınabilir ve düşük masraflı tuğla fabrikaları haline getirmeyi başarmıştır.

Üç boyutlu yazıcılarla üretilmiş bu tuğlalar, tasarımcılar ve mimarlar için standart bir tuğlaya kıyasla çok daha farklı fırsatlar sunmaktadır. Bu tuğlaların dış yüzeyleri, nihai yapının birbirine kenetlenmesini sağlayan veya yapı içinde normal tuğlayla uygulayamayacağınız kavislerin uygulanmasına elverişli karmaşık yapılara sahip olabilirken, içyapıları da gerilme noktalarında ağırlığı azaltıp yapının gücünü artıracak şekilde tasarlanabilir.

Building Bytes projesi kapsamında mimari yapıların çeşitli kısımlarında kullanılmak üzere dört farklı tuğla türü tasarlanmıştır. Bu tuğlalar, istiflenebilen ve modüler olarak tasarlanmış Honeycomb Bricks (Petek Tuğlalar), dikey döşeme için tasarlanmış X-Bricks (X-Tuğlaları), kolonlar ve kuleler için tasarlanmış Ribbed Bricks

(Yivli Tuğlalar), kubbeler ve kemerler için tasarlanmış Interlocking Bricks (Kilit Tuğlalar) (Building Bytes , 2013) (Şekil 81-82-83-84-85-86-87-88).



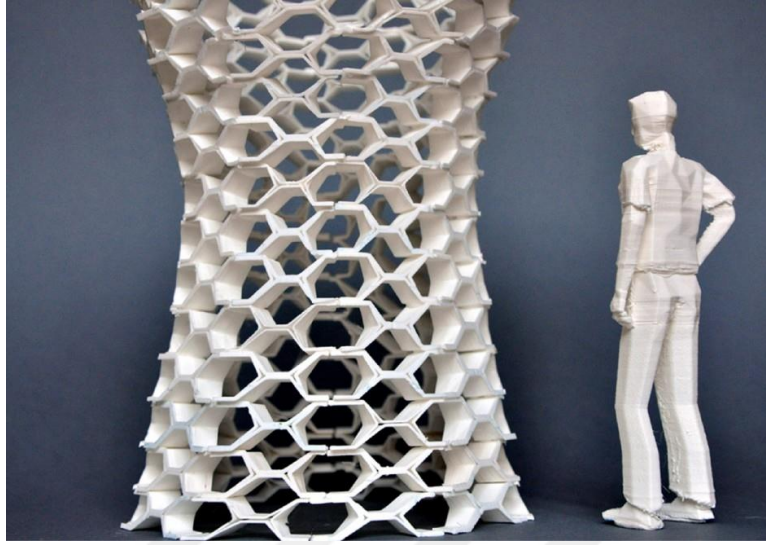
Şekil 81. Brian Peters, Honeycomb Bricks (Petek Tuğlalar), Seramik, 20x5x4 cm.

(<http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/images/raw/Brian-Peters-BuildingBytes-DigitalCeramics-DataClay-10.jpg>) (9.2.2018)



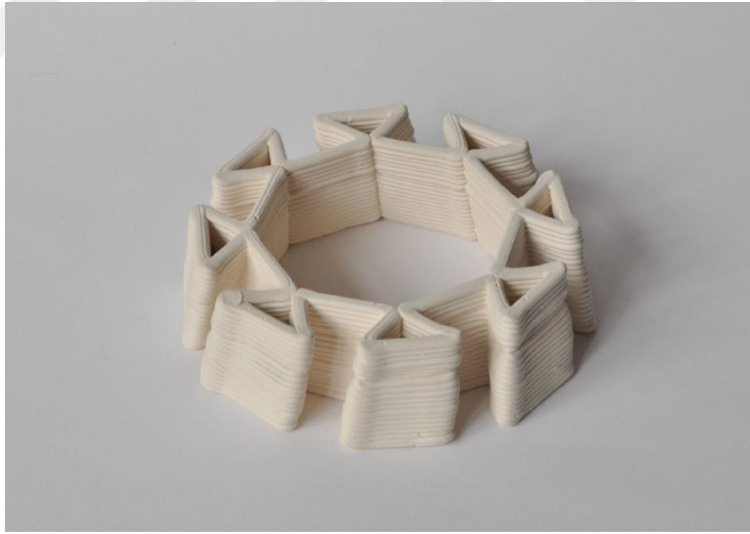
Şekil 82. Brian Peters, X-Bricks (X-Tuğlaları), Seramik, 10x20x4cm.

(<http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/images/raw/Brian-Peters-BuildingBytes-DigitalCeramics-DataClay-13.jpg>) (9.2.2018)



Şekil 83. Brian Peters, X-Bricks (X-Tuğlaları), Seramik, 10x20x4cm.

(<http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/images/raw/Brian-Peters-BuildingBytes-DigitalCeramics-DataClay-14.jpg>) (9.2.2018)



Şekil 84. Brian Peters, Ribbed Bricks (Yivli Tuğlalar), Seramik, 15x15x4cm.

(<http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/images/raw/Brian-Peters-BuildingBytes-DigitalCeramics-DataClay-15.jpg>) (9.2.2018)



Şekil 85. Brian Peters, Ribbed Bricks (Yivli Tuğlalar), Seramik, 15x15x4 cm.

(<http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/images/raw/Brian-Peters-BuildingBytes-DigitalCeramics-DataClay-16.jpg>) (9.2.2018)



Şekil 86. Brian Peters, Ribbed Bricks (Yivli Tuğlalar), Seramik, 15x15x4 cm.

(<http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/images/raw/Brian-Peters-BuildingBytes-DigitalCeramics-DataClay-17.jpg>) (9.2.2018)



Şekil 87. Brian Peters, Interlocking Bricks (Kilit Tuğlalar), Seramik, 10x20x4 cm.

(<http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/images/raw/Brian-Peters-BuildingBytes-DigitalCeramics-DataClay-18.jpg>) (9.2.2018)



Şekil 88. Brian Peters, Interlocking Bricks (Kilit Tuğlalar), Seramik, 10x20x4 cm.

(<http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/images/raw/Brian-Peters-BuildingBytes-DigitalCeramics-DataClay-19.jpg>) (9.2.2018)

Üç boyutlu yazıcılar üzerine çalışmalar yapan bir diğer tasarım grubu ise 2002 de kurulan Belçika merkezli Unfold tasarım grubudur. Multidisipliner bir yapıya sahip olan grup, farklı disiplinlerden pek çok farklı sanatçı ve tasarımcıyla çalışarak alışılmışın dışında projeler geliştirmektedir. Bu projelerden biri de 2010 yılında Tim Knapen ile birlikte gerçekleştirdikleri l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesidir (Özgündoğdu: 8).

L'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık), zanaat, endüstri ve dijital üretim arasında bir kesişim yaratmayı amaçlayan deneysel bir projedir. Bu proje kapsamında tasarlanmış olan düzeneğe daha önce hiç çömlekçi çarkıyla çalışmamış kişilerin bile kolaylıkla nihai ürünü elde edilebilmesini sağlar.

Proje düzeneği, üç boyutlu bir seramik yazıcıya bağlı dijital bir çömlekçi çarkı olarak tanımlanabilir. Sanal bir ekranın üzerinde dönmekte olan silindir form kullanıcının el hareketlerini takip edebilen bir lazer okuyucu tarafından sanal olarak şekillendirilmektedir. Silindiri biçimlendiren kişi oluşan görüntüyü karşısındaki ekrandan takip etmekte ve tamamlandığına karar verdiğinde modelin verileri önce bilgisayara oradan da üç boyutlu yazıcıya yönlendirilmektedir (Shafir, 2010: 2) (Şekil 89-90-91-92).



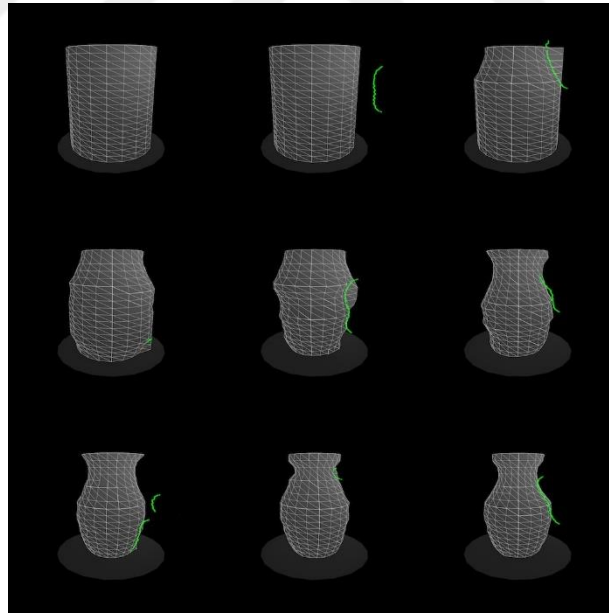
Şekil 89. l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesi kapsamında, üç boyutlu bir seramik yazıcıya bağlı dijital çömlekçi çarkında formlarını şekillendiren katılımcılar.

(<http://unfold.be/assets/images/000/121/883/large-lae-opening1.jpg>) (12.2.2018)



Şekil 90. l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesi kapsamında, dijital çömlekçi çarkında şekillendirilmiş bir form.

(<http://unfold.be/assets/images/000/121/885/large-lartisanelectronique1ps.jpg>) (12.2.2018)



Şekil 91. l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesi kapsamında, dijital çömlekçi çarkında şekillendirilmiş bir formun gelişimini gösteren skala.

(<http://unfold.be/assets/images/000/121/882/large-virtualwheelscreenshots.jpg>) (12.2.2018)



Şekil 92. l'Artisan Électronique (Elektronik Zanaatçılık) projesi kapsamında, dijital çömlekçi çarkında şekillendirilmiş formların üç boyutlu bir seramik yazıcıyla üretilmiş modelleri.

(<https://dgrz5x8t0lwe8.cloudfront.net/media/web/l-artisan-electronique-1503277031.jpg>)
(12.2.2018)

İtalyan bir tasarım ekibi olan WASP – World's Advanced Saving Project (Dünyanın Gelişmiş Tasarruf Projesi) üretimlerine ilk olarak alüminyum ve ahşap üretimi yapabilen ve aynı zamanda seramik malzemeyle çalışmak için modifiye edilebilen PowerWASP ismini verdikleri bir üç boyutlu yazıcı ile başlamıştır. Daha sonra farklı boyut ve işlevlerde yazıcılar üretmeye devam eden ekip, ürettikleri üç boyutlu yazıcıların satışından elde ettikleri gelir sayesinde kendi kendini finanse edebilen bir tasarım ekibi haline gelmiştir. Zaman içinde üç boyutlu yazıcılarla üretim hedeflerini ilerleten WASP, piyasada bulunan ve küçük boyutlu üretim yapabilen üç boyutlu yazıcıların aksine, geliştirmiş olduğu teknolojiler sayesinde çok büyük boyutlu seramik yapılar üretmeyi hedeflemiştir.

Manifestolarında dünya kaynaklarının mevcut nüfus patlamasına yetecek kadar çok olmadığını belirten WASP'ın hedefi, yazıcının kurulduğu çevredeki malzemeleri kullanarak sıfırdan bir ev inşa etmektir. WASP'ın bu projesi, yazıcının taşınabilir olmasının yanı sıra enerji tüketiminin de düşük olmasını gerektirir. Ayrıca bu yazıcı dünyanın pek çok alanında elektrik olmaması sebebiyle güneş, rüzgâr ve su gibi

yenilenebilir enerjileri kullanabilmelidir. WASP'ın hâlihazırda inşa ettiği 12 metre boyundaki Big Delta (Büyük Delta) isimli yazıcı, yaklaşık bir saat içinde sadece üç kişi tarafından toplanabilmektedir. Ayrıca yazıcı güneş enerjisi panelleriyle desteklenen motorlara da sahiptir bu özellik yazıcının enerji tüketimini azaltmaktadır (WASP - World Advanced Saving Project: 4-5-6).

Geliştirdikleri bu 12 metrelik üç boyutlu yazıcı ile özellikle üçüncü dünya ülkelerdeki barınma sorununa bir çözüm bulmayı hedefleyen WASP, inşa malzemesi olarak kili bölgenin kendi toprağını karıştırıp bunun yanı sıra karışıma bir miktar saman da ekleyerek, inşa ettikleri yapıların düşük maliyetli ve inşa edildikleri çevreye uyumlu yapılar olmasını hedeflemektedir (BigDeltaWASP 12m: 8) (Şekil 93-94-95-96-97-98).



Şekil 93. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı.

(<http://www.wasproject.it/wp-content/uploads/2016/09/BigDelta12m.jpg>) (18.2.2018)



Şekil 94. Yazıcının farklı bir açıdan görüntüsü.

(<http://www.wasproject.it/w/wp-content/uploads/2016/09/wasp-delta-3d-printer-mud-house-2.jpg>) (18.2.2018)



Şekil 95. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcının ekstrüder kısmı.

(<http://www.wasproject.it/w/wp-content/uploads/2017/01/estusore-stampa-3d-case-1.jpg>) (18.2.2018)



Şekil 96. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı ile üretilen bir duvar örüntüsü

(<http://www.wasproject.it/wp-content/uploads/2016/08/IMG-20160804-WA0003.jpg>)
(18.2.2018)



Şekil 97. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı ile üretilen ev prototipi.

(<http://www.wasproject.it/wp-content/uploads/2016/09/11.jpg>) (18.2.2018)



Şekil 98. İtalyan tasarım ekibi WASP'ın geliştirdiği 12 metrelik üç boyutlu yazıcı ile üretilen tamamlanmış ev prototipi.

(<http://www.wasproject.it/w/wp-content/uploads/2017/01/AdobeHouse3dWasp-637x320.jpg>)

(18.2.2018)

3. BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN KULLANIMI İÇİN GEREKLİ YAZILIMLAR VE UYGULAMALAR

3.BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN KULLANIMI İÇİN GEREKLİ YAZILIMLAR VE UYGULAMALAR

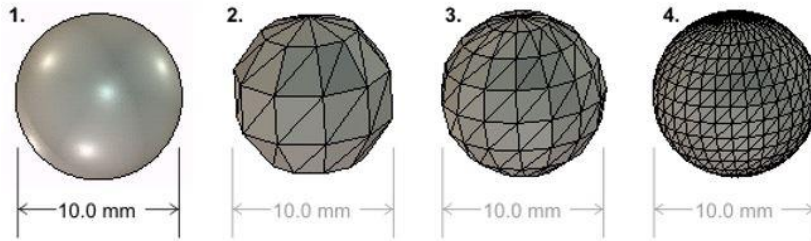
Üç boyutlu yazıcılarla baskı alabilmek için kullanılmakta olan yazılımlar çeşitlilik göstermektedir. Ancak baskı sürecini genel anlamda inceleyecek olursak, baskı işleminin gerçekleştirilebilmesi için ilk olarak basılmak istenilen modelin bilgisayar destekli bir tasarım (CAD: Computer Aided Design) programıyla tasarlanması, tasarlandıktan sonra bilgisayar destekli üretim (CAM: Computer Aided Manufacturing) yazılımlarıyla basılabilir şekle getirilip yeniden kodlanması, bu kodların yazıcıya gönderilmesi ve son olarak da yazıcının çalışmasını sağlayacak bir firmware yazılımına gereksinim duyulur (Demirbaş & Arlı, 2017: 65).

3.1. Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Üç Boyutlu Dijital Modelleme

Yaygın olarak kullanılan bilgisayar destekli tasarım programlarına bakıldığında 3DS Max, Rhinoceros, AutoCAD, Zbrush gibi bir liste ile karşılaşılabilir. Hangi programın kullanılacağı yapılacak modellemeye göre tamamen kullanıcıya ait bir seçenek olarak düşünülebilir.

Günümüzde hemen hemen tüm bilgisayar destekli tasarım programları üç boyutlu yazıcılara yönelik güncellemelerini yapmakta ve kullanıcılarına gerekli ara yüzler sunarak kolaylık sağlamaktadır. Üç boyutlu yazıcılarla üretim yapabilmek için öncelikle üç boyutlu olarak tasarlanmış parçanın STL formatında kaydedilmesi gerekir (Aslan, 2017: 54). STL (Stereolithography) formatı hızlı prototipleme uygulamalarına yönelik geliştirilmiş bir dosya formatıdır. Bilgisayar destekli tasarım programlarıyla oluşturulmuş modeller genellikle dörtgen yüzeylerden oluşurken STL formatındaki modeller üçgen yüzeylerden oluşmaktadır. Model üzerinde tanımlanmış olan her üçgen kendisine komsu olan diğer üçgenin iki köşesiyle aynı koordinatlara sahiptir, bu şekilde modelin yüzeyi birbirine tam bağlanmış, model katı hale gelmiş olur (Şekil 99). STL

modelin bu özelliği üç boyutlu baskı için önemlidir çünkü aksi takdirde baskı esnasında sorunlar oluşabilir (Demirbaş & Arlı, 2017: 68-69). Bunun dışında STL formatının bir diğer önemi de dilimleme yazılımları olarak isimlendirilen programlar ile uyumlu çalışmasıdır (Aslan, 2017: 54).



Şekil 99. STL formatındaki bir modelin üçgen yüzey geometrisi.

(https://res.cloudinary.com/promarket/image/upload/v1472122046/SOLIDWOKRS-Blog-3D-Printing-STL-Res-Type_xf3yw7.jpg) (10.3.2019)

3.2. Üç Boyutlu Yazıcılar ile Birlikte Kullanılan Bilgisayar Destekli Üretim Yazılımları

Üç boyutlu yazıcılar ile birlikte kullanılan bilgisayar destekli üretim (CAM: Computer Aided Manufacturing) yazılımlarını, yazıcının bir robot olarak kontrol edilmesini sağlayan yazılımlar ve dilimleyici yazılımlar olarak iki gruba ayırabiliriz. Bu yazılımlar, STL dosyalarını, üç boyutlu yazıcıların anlayabileceği tek dil olan G-code formatına dönüştürmesini ve bunun yanı sıra baskı işleminin de kontrol edilmesini sağlarlar.

STL dosyaları, içlerindeki nesneleri katı modeller olarak tanımlar fakat bu sayısal veriler üç boyutlu yazıcıların üretim diline tam olarak uygun değildir. Üç boyutlu yazıcılar nesneleri katmanlar halinde inşa ederler. Slic3r gibi dilimleyici yazılımlar, STL formatındaki üç boyutlu modelleri kullanıcının belirlediği ayarlar doğrultusunda yatay şekilde katmanlara ayırarak STL dosyalarının G-code dosyalarına dönüşmesini sağlarlar. G-code formatı üç boyutlu yazıcılar gibi bilgisayar destekli üretim yapabilen makinelerin ortak programlama dilidir. Yani yazıcıya neyi nasıl yapması gerektiği G-code ile söylenir (Demirbaş & Arlı, 2017: 70-71). Dilimleyici

yazılımlar bunun yanı sıra kullanıcıya, yazıcının üretim esnasında kullanacağı katman kalınlığı, baskı hızı, modelin üretiminde kullanılacak duvarların sayısı ve iç dolgu ayarları gibi baskı sürecini doğrudan etkileyen etmenleri, üretmek istedikleri modele uygun bir biçimde yapılandırma olanağı sunar (Aslan, 2017: 55).

Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan bir diğer yazılım da baskı işleminin başlatılmasını ve yazıcının kontrol edilmesini sağlayan yazılımlardır. Bu yazılımların en popüler olanı Repetier-Host yazılımıdır. Repetier-Host'un en önemli özelliği Slic3r gibi dilimleyici yazılımlar ile uyumlu çalışmasıdır. Repetier-Host ile üretim esnasında yazıcının baskı hızı ayarlanabilir, baskı işlemi başlatılıp, bir süreliğine duraklatılabilir veya tamamen durdurulabilir. Bunun haricinde bu yazılımdan, baskı işlemi devam ederken baskının hangi katmanda olduğuna ve baskı işleminin bitmesine ne kadar süre kaldığına dair bilgiler de elde edilebilir (Aslan, 2017: 55).

3.3. Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Yardımcı Yazılımlar

Üç boyutlu yazıcıların çalışmasını sağlamak için yazıcının kartına bir yazılım (firmware) yüklenmesi gerekir. Bu yazılımların pek çok farklı çeşidine ücretli ve ya ücretsiz olarak ulaşılabilmektedir. Delta model yazıcılarda ise genellikle açık kaynak kodlu olarak sunulan “Marlin Firmware” kullanılır. Ancak Marlin yazılımının yazıcının Arduino kartına yüklenebilmesi için ek olarak Arduino yazılımına ihtiyaç vardır. Arduino kartı, üç boyutlu yazıcılarda kullanılan, analog ve dijital sinyalleri işleme çeviren bir elektronik karttır.

Arduino yazılımı USB kablo ile kart ve bilgisayar arasında bağlantı kurarak, kartın yazılımında değişiklikler yapmak, kullanılan yazılımı silmek ve ya farklı bir yazılım yüklemek için kullanılır (Aslan, 2017: 54).

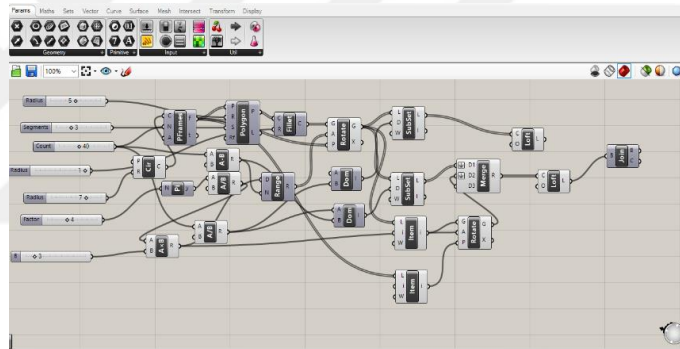
3.4. Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Uygulamaların Modellenmesi ve Baskıya Hazırlanması

Bu çalışma için hazırlanmış olan uygulamalar Rhinoceros 6.0 modelleme yazılımı ve bu yazılımın eklentisi (plug-in) olan Grasshopper ile hazırlanmıştır.

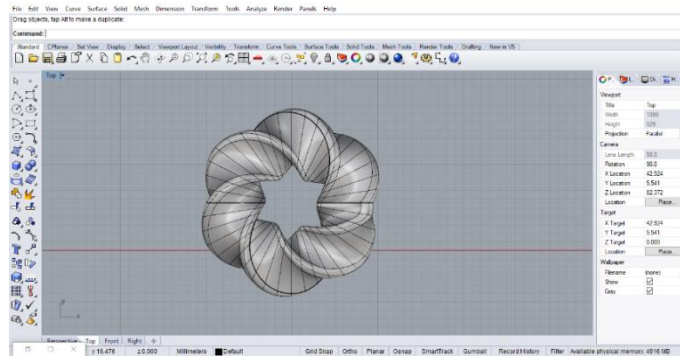
3.4.1. Grasshopper Yazılımı ile Modellenmiş Uygulamalar

Grasshopper eklentisi genel olarak algoritmik form araştırmaları ve parametrik modelleme için kullanılmaktadır (Yazar & Uysal, 2016: 3).

Koordinatlar, sayılar ve geometrik nesneler gibi verilerin komutlar arasındaki akış yönünü görselleştiren diyagramlara veri akış diyagramı (Dataflow Diagrams) denir. Grasshopper eklentisi ile modelleme prensibininin temelinde de veri akış diyagramları yatar. Veri akış diyagramlarıyla oluşturulan modeller üzerindeki verilerle kolayca oynanarak alternatifler çoğaltılabilir ve diyagram üzerindeki bağlantılar arasında değişiklikler yapıp farklı geometrik ilişkiler bulunabilir (Yazar & Uysal, 2016: 5) (Şekil 100-101).

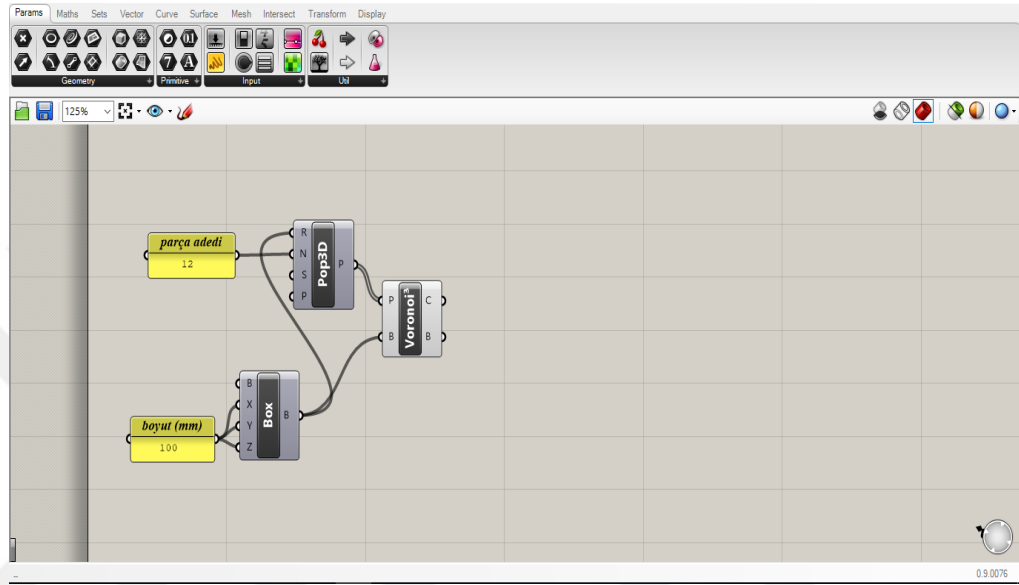


Şekil 100. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş modelin veri akış diyagramı.

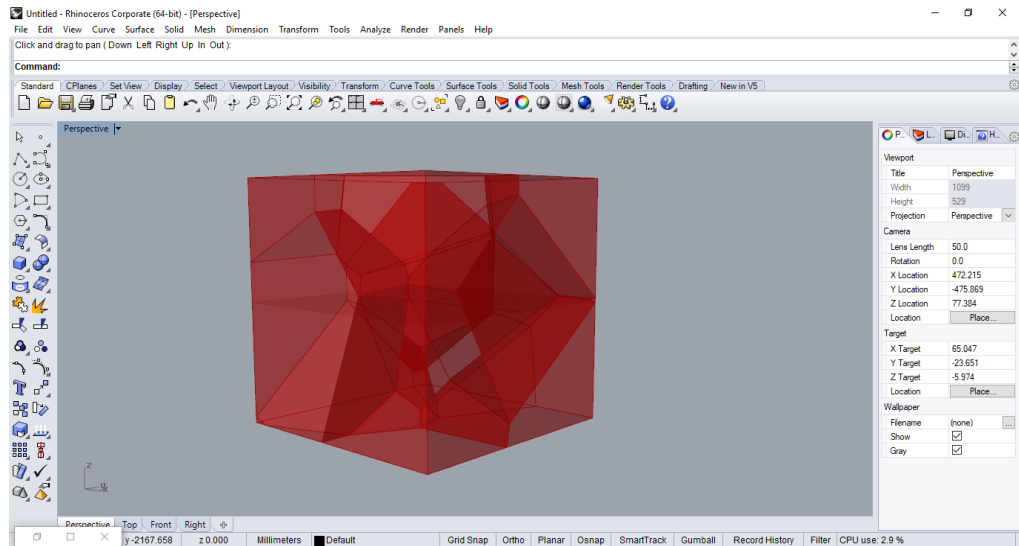


Şekil 101. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş modelin Rhinoceros yazılımı üzerindeki görüntüsü.

Veri akış şeması kullanılarak tasarımı tamamlanmış olan objeler Rhinoceros ekranında kırmızı renkte görülmekte ve bu objeler üzerinde yapılmak istenilen değişiklikler sadece Grasshopper üzerinden yapılabilmektedir (Yazar & Uysal, 2016: 24) (Şekil 102-103).

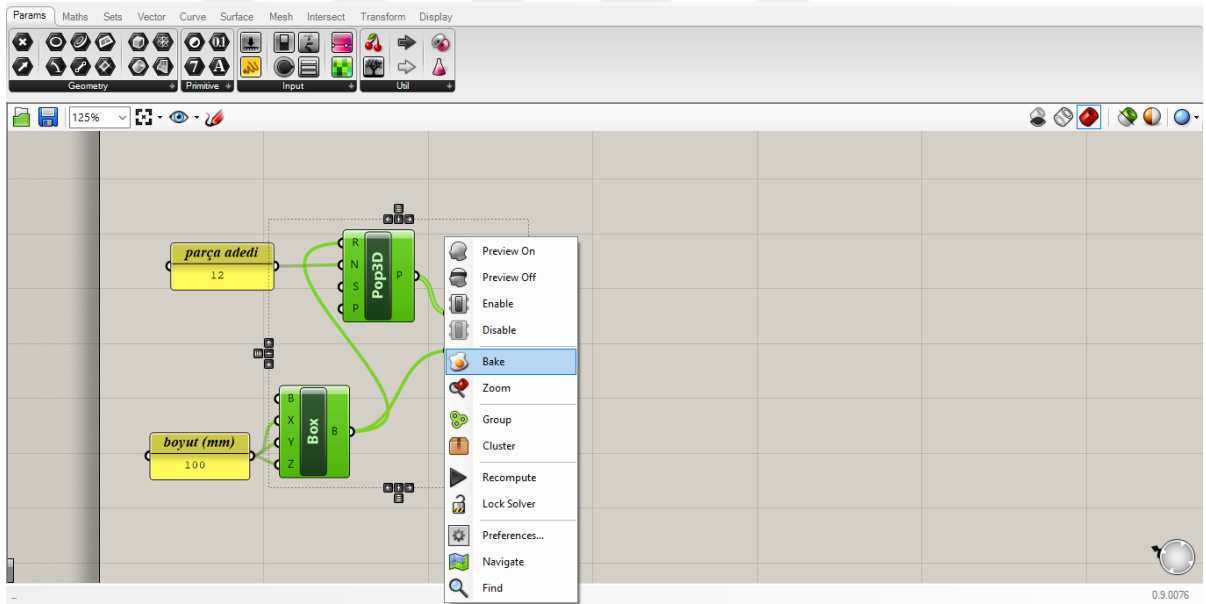


Şekil 102. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş üç boyutlu yapboz modelinin veri akış diyagramı.

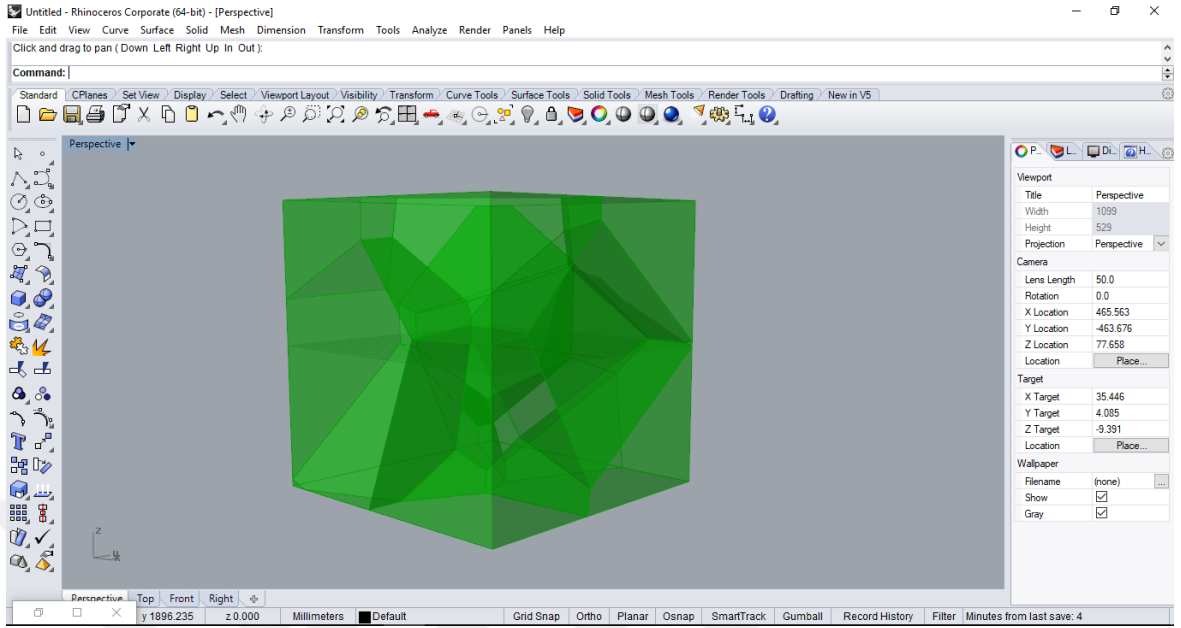


Şekil 103. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş üç boyutlu yapboz modelinin pişirme (bake) işleminden geçmeden önce Rhinoceros ekranındaki perspektif görünüşü.

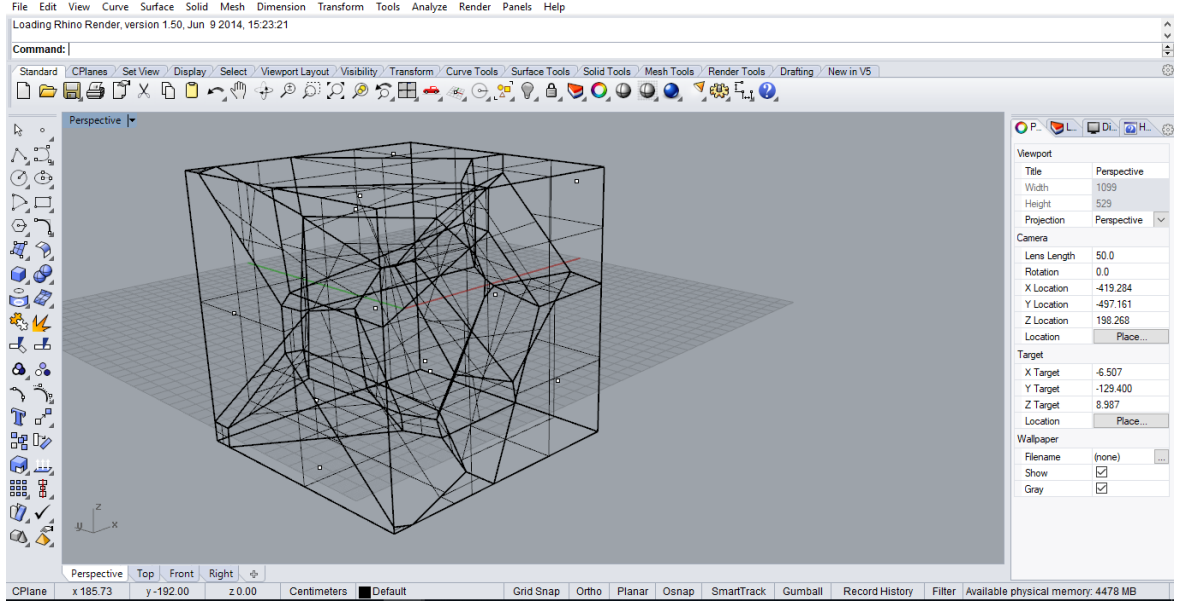
Grasshopper eklentisi kapatıldıktan sonra tasarımların Rhinoceros üzerinde kayıtlı kalmasını sağlamak ve birer Rhinoceros objesine dönüştürebilmek için Grasshopper sekmesini kapamadan önce pişirme (bake) adı verilen işlemin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Pişirme işlemini gerçekleştirmek için Grasshopper eklentisi üzerinden aktarılmak istenilen tasarımın veri akış diyagramı üzerine gelinip sağ tuşa tıklanması ve karşımıza çıkan menüden pişirme komutunun seçilmesi gerekir. Pişirme komutuyla Rhinoceros'a aktardığınız objeler Rhinoceros ekranında şeffaf yeşil renge dönüşür ve Grasshopper eklentisi ile bir bağlantısı kalmaz. Bu işlemten sonra Grasshopper eklentisi kapatılsa bile aktarılmış objeler üzerinde Rhinoceros'da değişiklik yapılmaya devam edilebilir (Yazar & Uysal, 2016: 24) (Şekil 104-105-106-107-108-109).



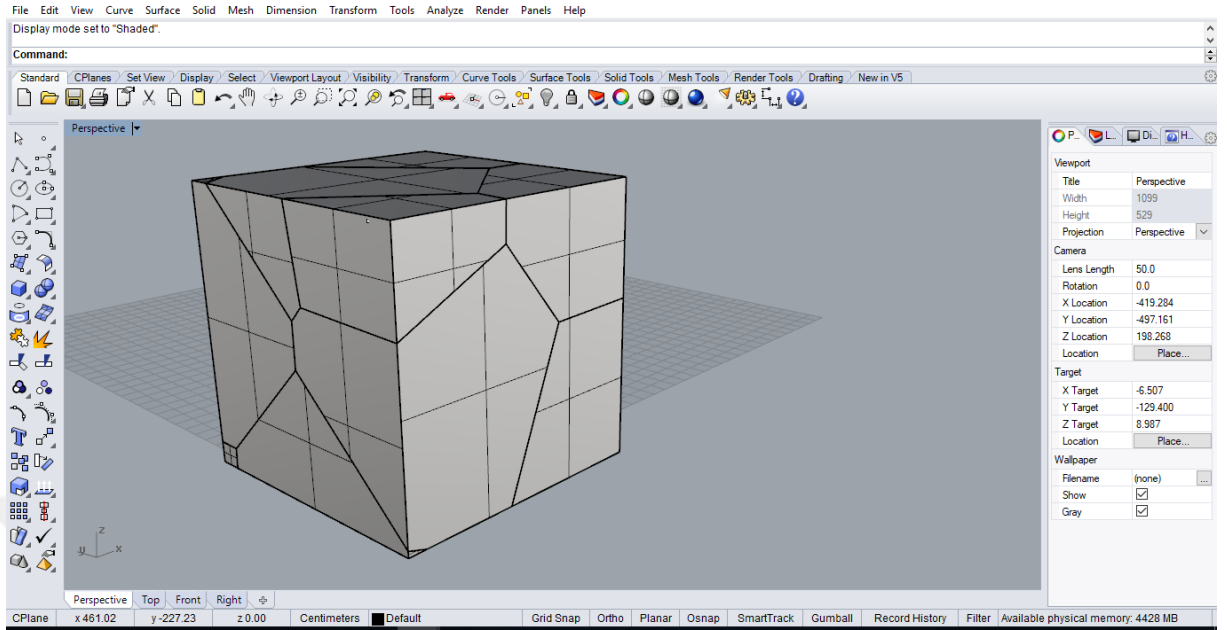
Şekil 104. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş üç boyutlu yapboz modelinin veri akış diyagramı üzerinden gerçekleştirilen pişirme işlemi.



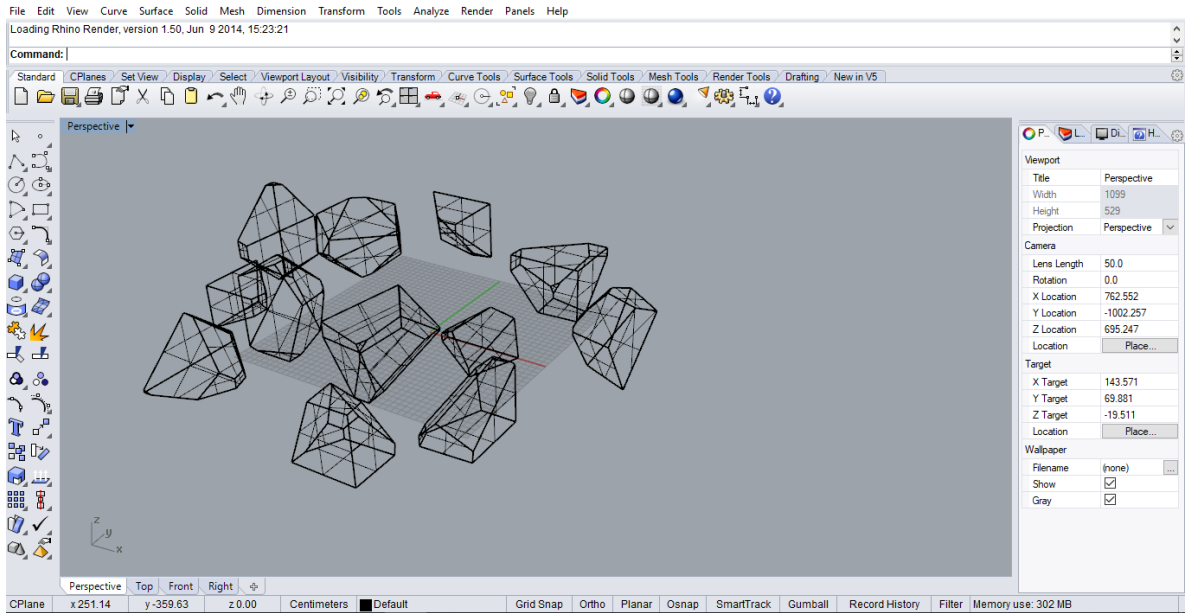
Şekil 105. Pişirme işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin Rhinoceros ekranındaki perspektif görünüşü.



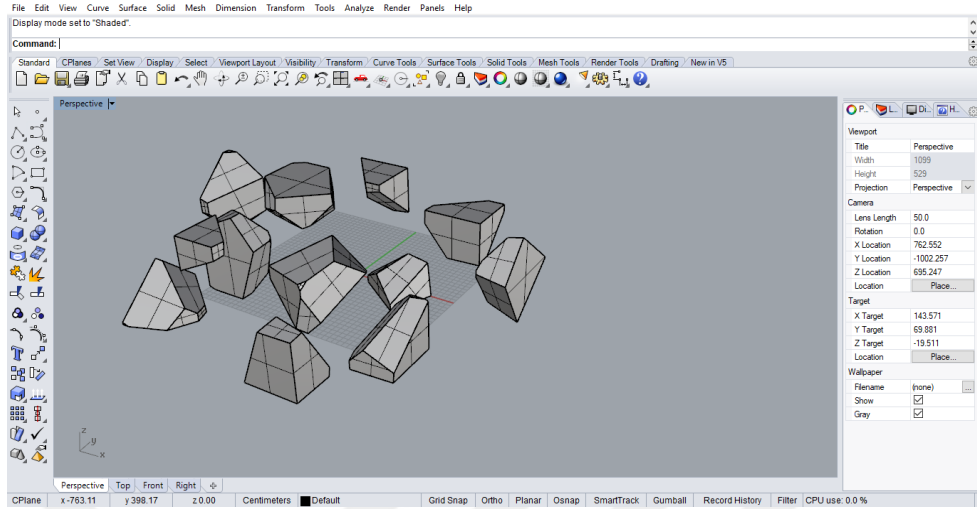
Şekil 106. Pişirme işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin Grasshopper eklentisi kapatıldıktan sonra Rhinoceros ekranındaki perspektif görünüşü.



Şekil 107. Pişirme işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin Grasshopper eklentisi kapatıldıktan sonra Rhinoceros ekranındaki perspektif görünüşü.



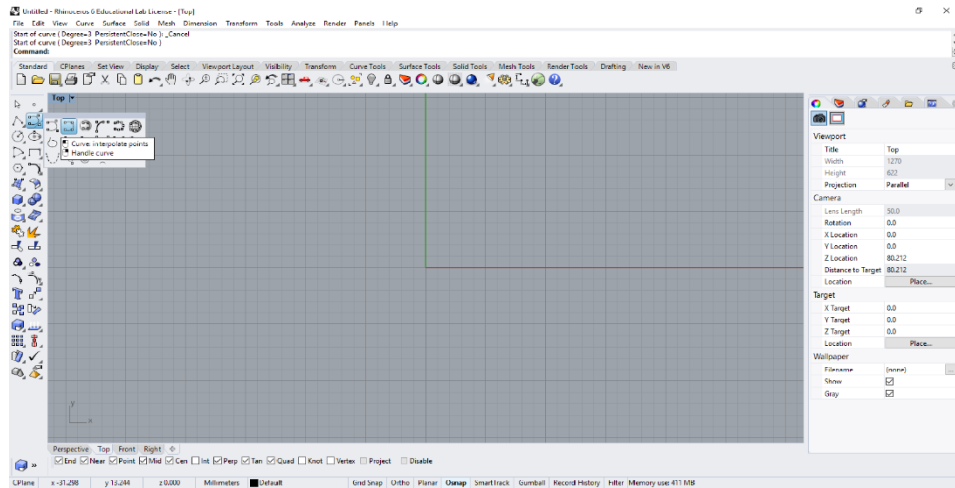
Şekil 108. Pişirme işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin parçalarına ayrılmış hali.



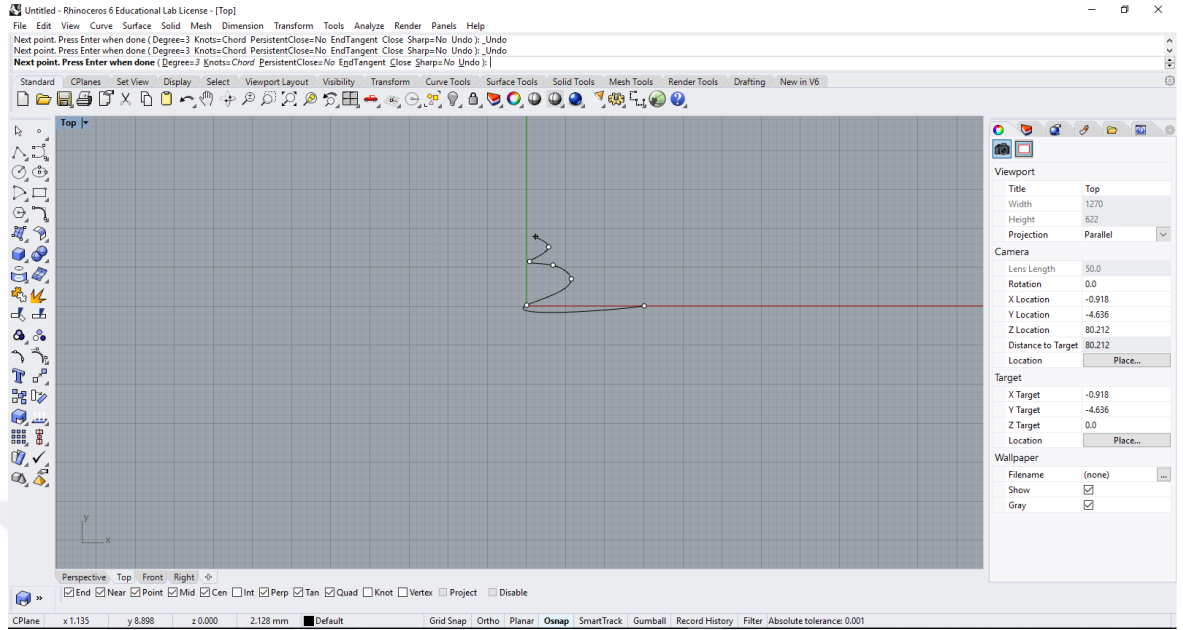
Şekil 109. Pişirme işlemi tamamlanmış üç boyutlu yapboz modelinin parçalarına ayrılmış hali.

3.4.2. Rhinoceros Yazılımı ile Modellenmiş Uygulamalar

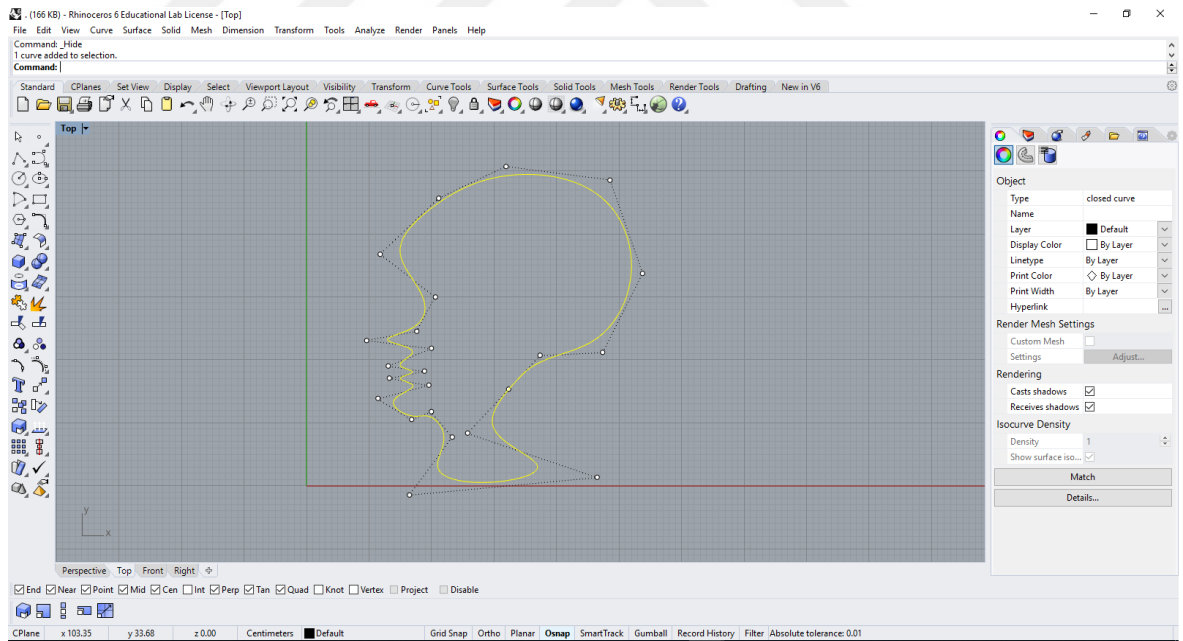
Rhinoceros ana ekranı açıldıktan sonra ilk olarak eğri (curve) aracı üzerinden seçili noktalar arasına eğri çizmeyi sağlayan eğri; enterpolat noktaları (curve; interpolate points) şıkkı seçilir ve üst görünüş (Top) ekranı üzerinde model oluşturulmaya başlanır (Şekil 110-111-112).



Şekil 110. Rhinoceros ana ekranı üzerinden eğri; enterpolat noktaları (curve; interpolate points) şıkkının seçilmesi.

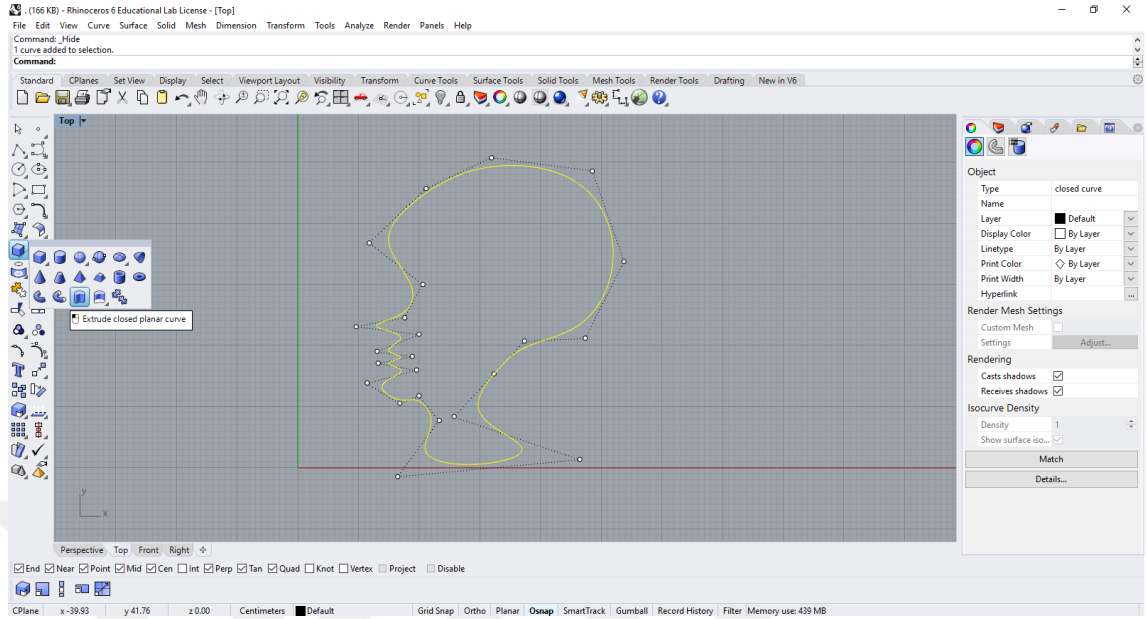


Şekil 111. Üst görünüş (Top) ekranı üzerinde model oluşturulması.

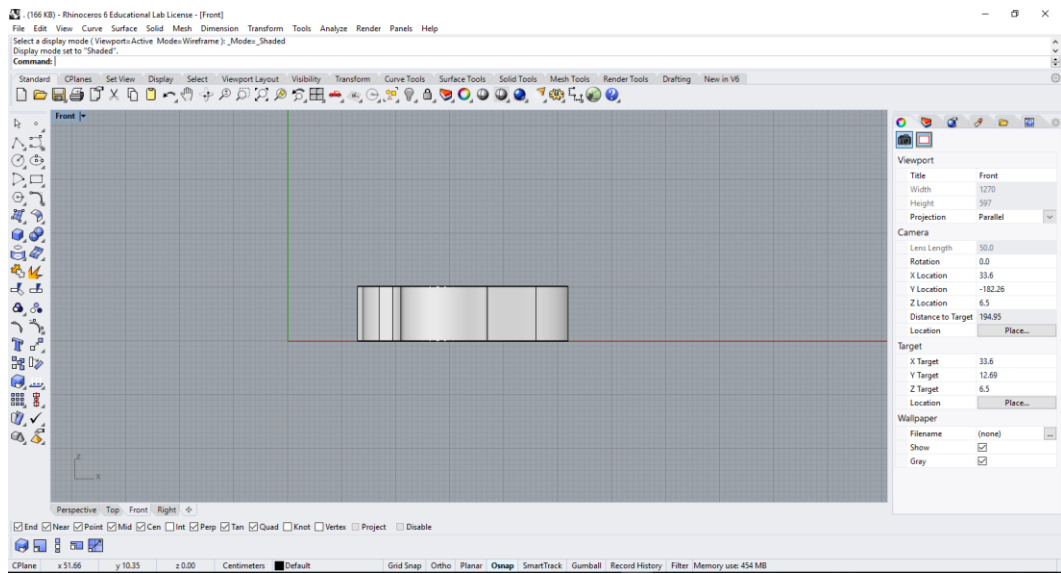


Şekil 112. Üst görünüş (Top) ekranı üzerinde model oluşturulması.

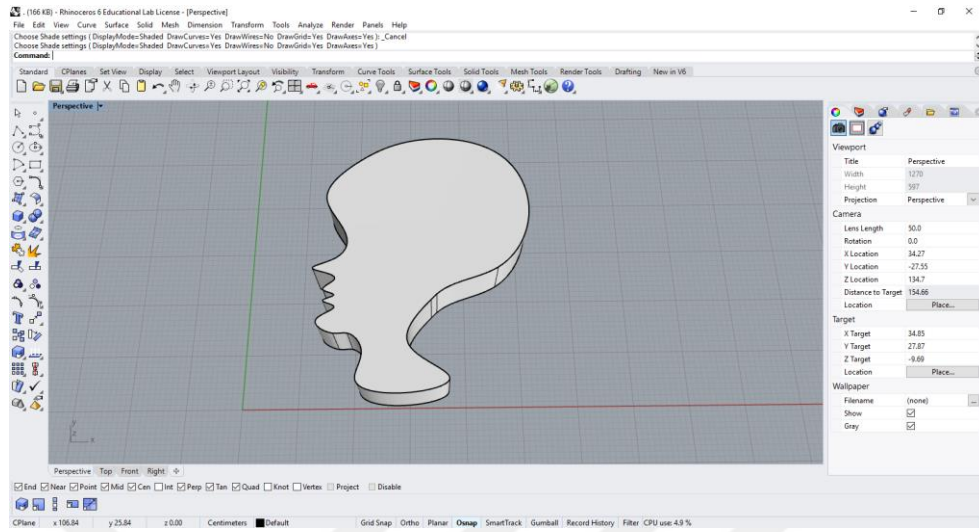
Eğri (curve) aracı ile üst görünüş (Top) ekranı üzerinde oluşturulmuş olan modele, kapalı düzlemsel eğriyi yükseltmek (extrude closed planar curve) seçeneğiyle hacim kazandırılır (Şekil 113-114-115).



Şekil 113. Üst görünüş (Top) ekranı üzerinde oluşturulmuş modele, kapalı düzlemsel eğriyi yükseltmek (extrude closed planar curve) seçeneğiyle hacim kazandırılması.

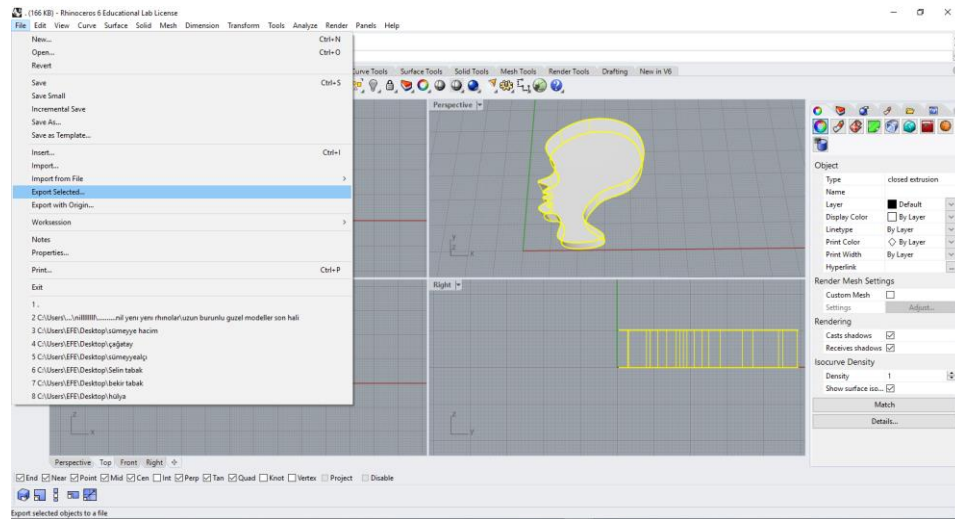


Şekil 114. Hacim kazandırılmış modelin yan görünüşü.

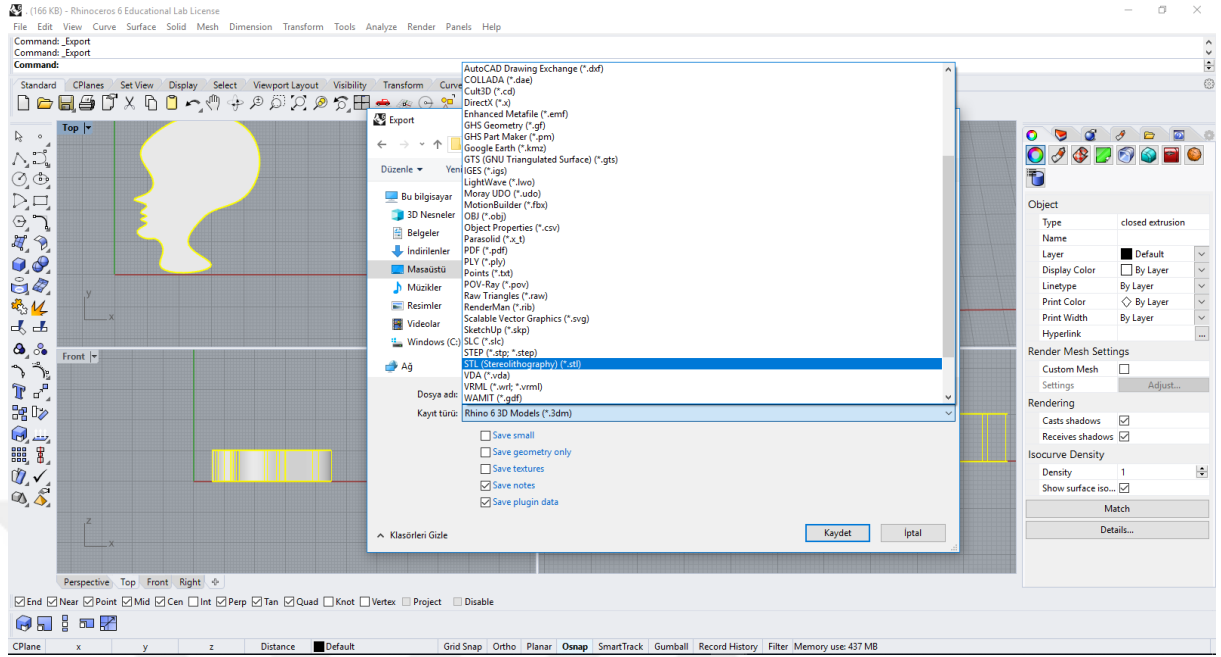


Şekil 115. Hacim kazandırılmış modelin perspektif görüntüsü.

Tasarımı tamamlanmış olan model STL formatında kaydedilmelidir. Kaydedilmeye hazır olan model çalışma alanında seçili hale getirilir ve daha sonra Dosya - Seçileni Dışarı Aktar (File – Export Selected) seçeneği ile STL formatında kaydedilir (Şekil 116-117).

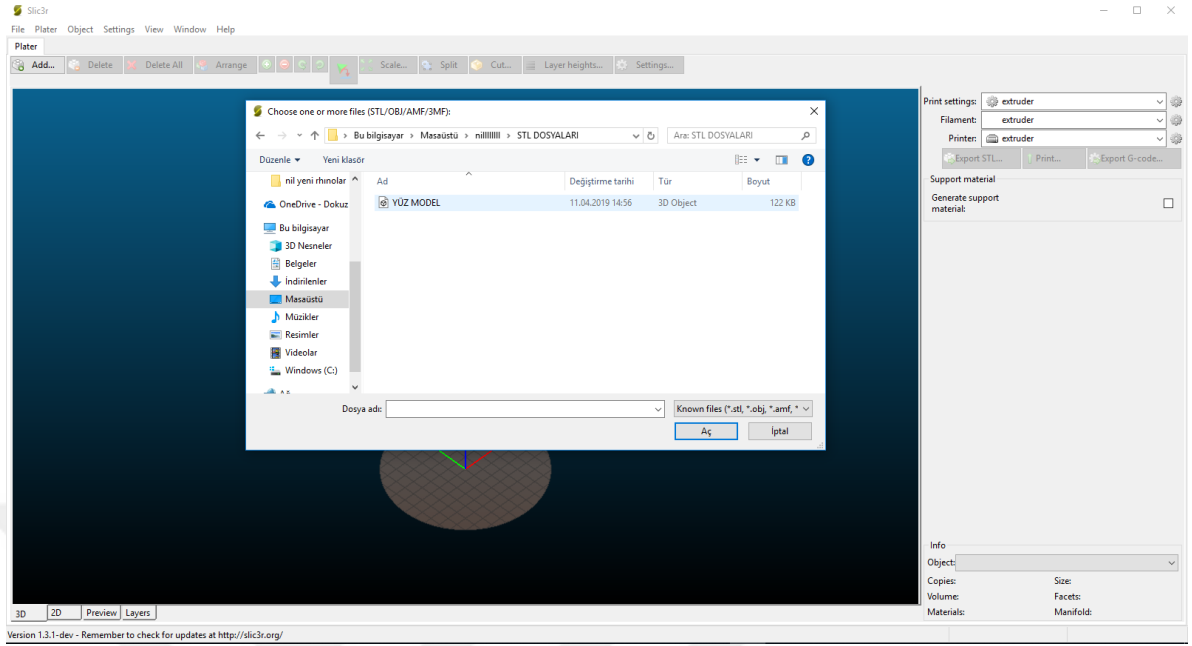


Şekil 116. Tasarımı tamamlanmış modelin Dosya - Seçileni Dışarı Aktar (File – Export Selected) seçeneğiyle dışarı aktratımı.

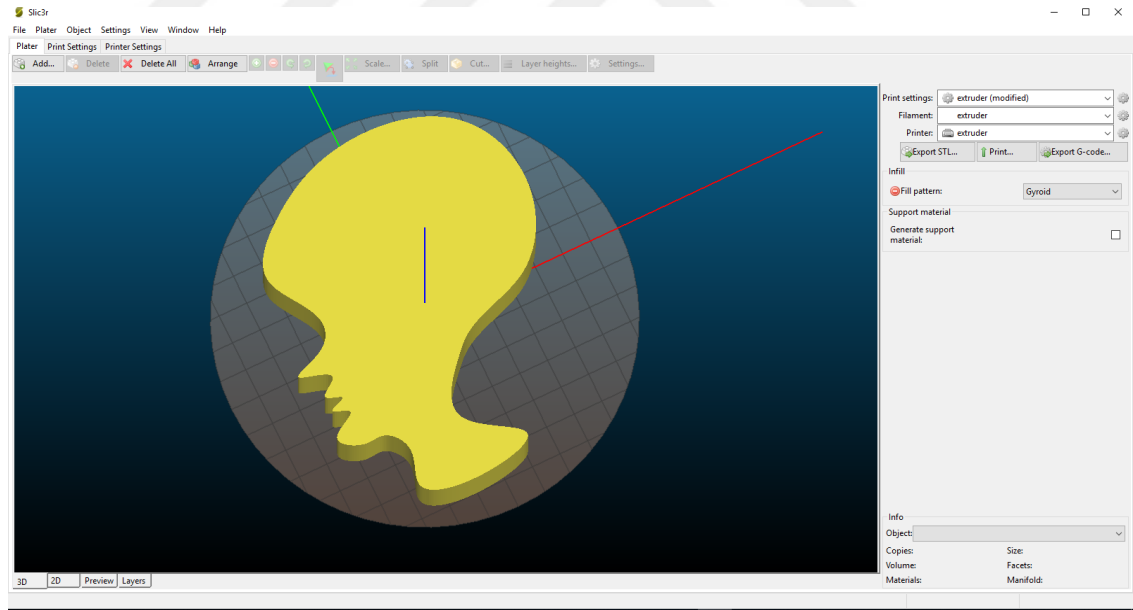


Şekil 117. Tasarımı tamamlanmış modelin STL formatında kaydedilmesi.

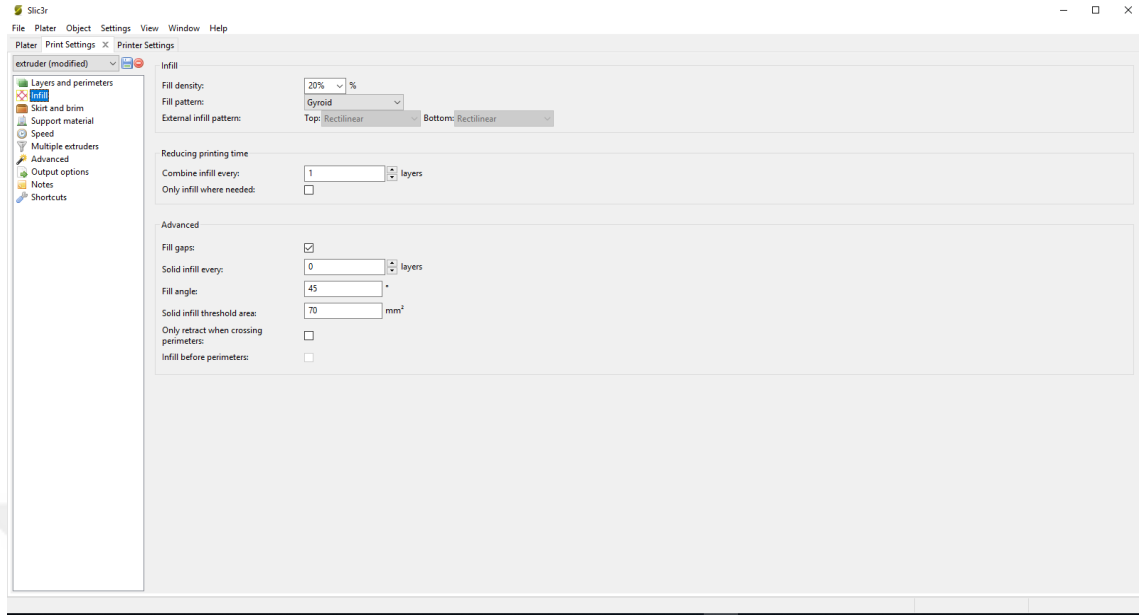
STL formatında kaydedillen model Slic3r yazılımında açılarak dilimleme ve yazdırma ayarları yapılır. Bu ayarlar, yazdırmak istediğimiz modele uygun iç dolgu (infill) çeşidi ve yoğunluğunun seçimi, modele uygun katman kalınlığı, yazıcının ekstrüder kısmının baskı alınacak tabakaya olan mesafesi (z offset) gibi sayısal değerler içeren ayarlardır. Yazdırma ayarları yapılan model G-Code formatında kaydedilmelidir. Geometric Code'un kısaltması olan G-Code, Slic3r yardımıyla yapılandırılmış olan ayarlarının kodlandığı bir dosya formatıdır ve yazıcının baskı esnasında izleyeceği yolu belirler (Şekil 118-119-120-121-122-123).



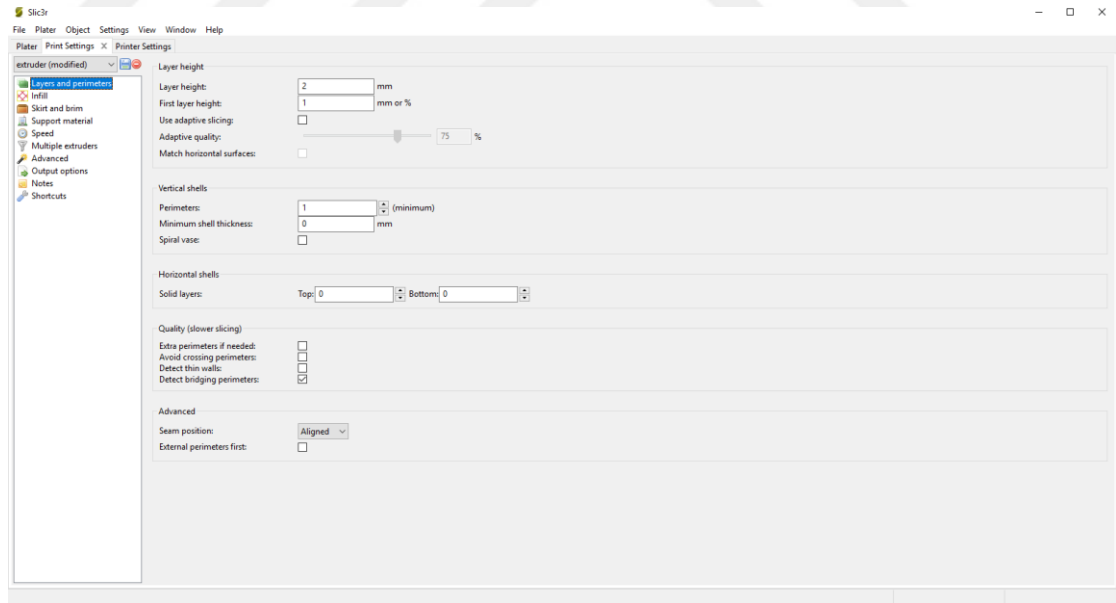
Şekil 118. STL formatında kaydedilmiş modelin Slic3r programı üzerinde açılması.



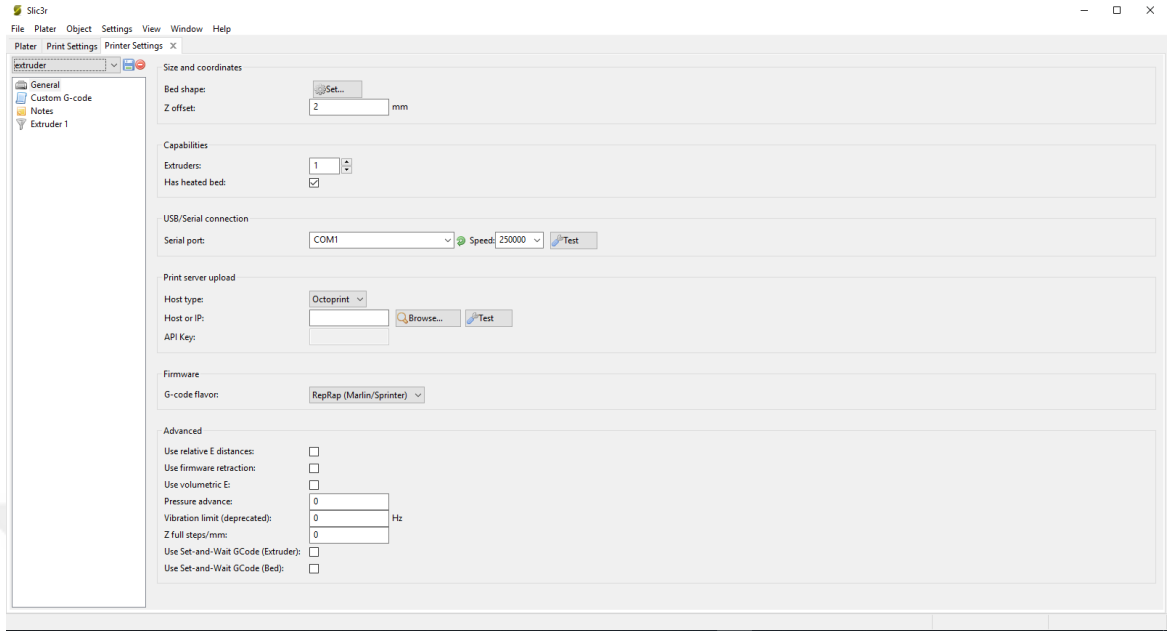
Şekil 119. Slic3r programı ile dilimlenmiş modelin görüntüsü.



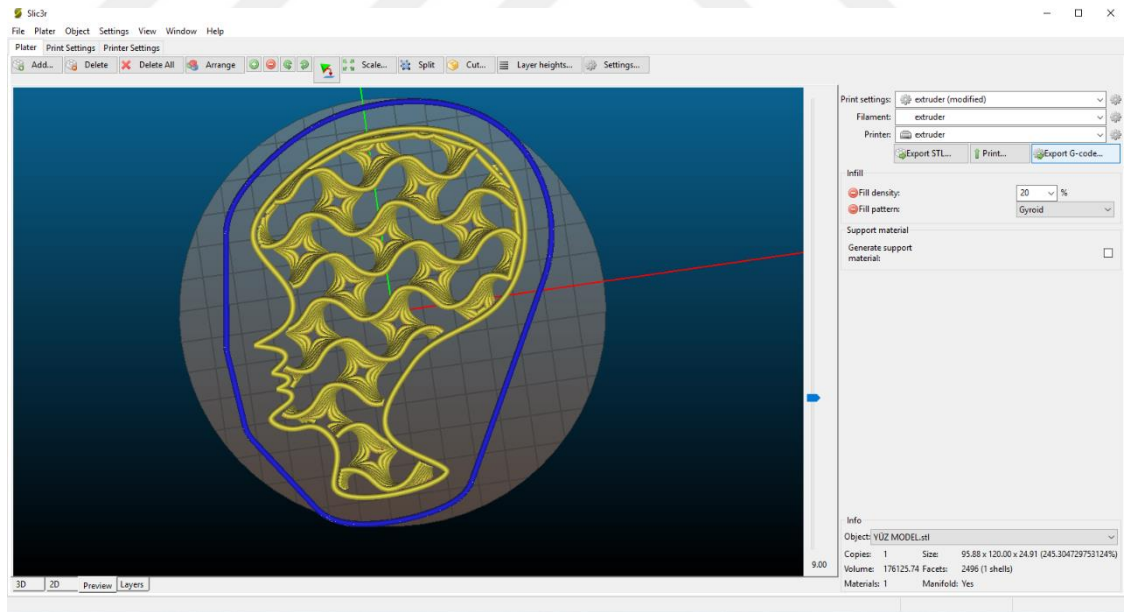
Şekil 120. Slic3r programı ile iç dolgu (infill) ayarlarının yapılması.



Şekil 121. Slic3r programı ile katman kalınlığı (layers and perimeters) ayarlarının yapılması.

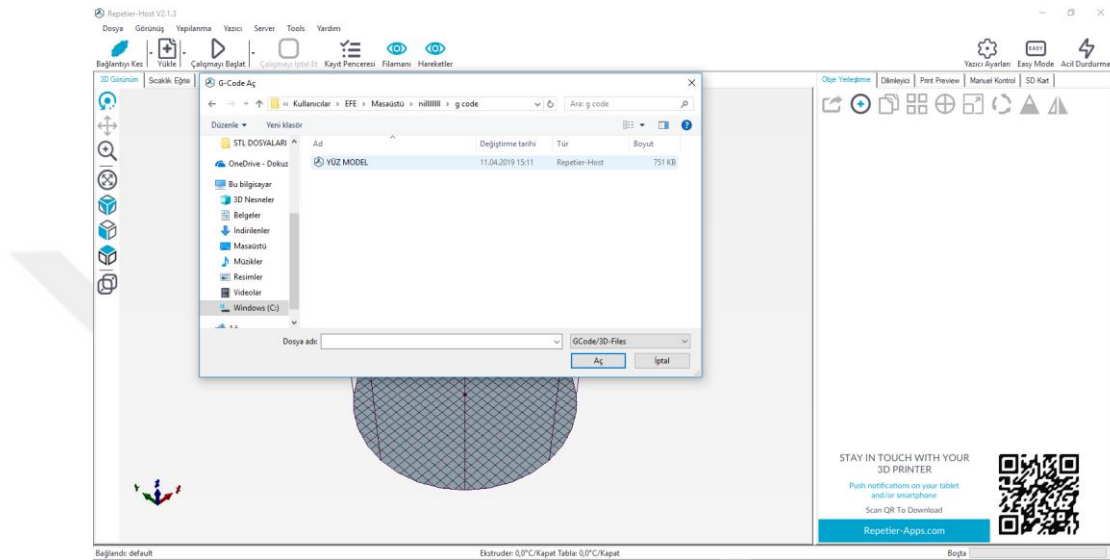


Şekil 122. Slic3r programı ile yazıcının extruder kısmının baskı alınacak tabakaya olan mesafesi (z offset) ayarlarının yapılması.

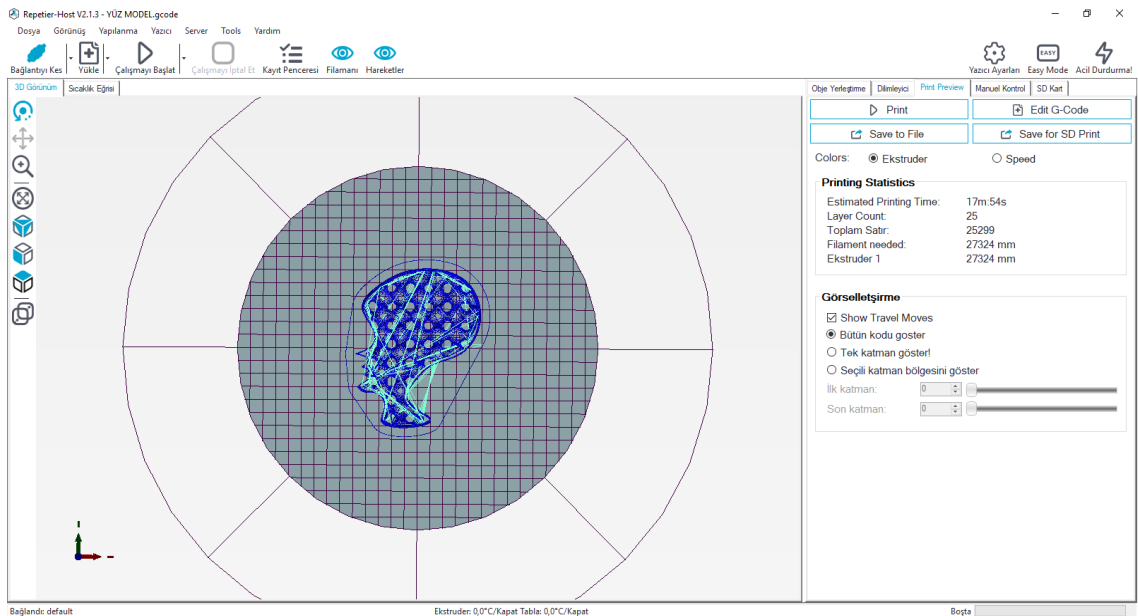


Şekil 123. Slic3r programı ile dilimleme ayarları yapılmış olan modelin ön izlemesi ve G-code'a dönüştürülmesi.

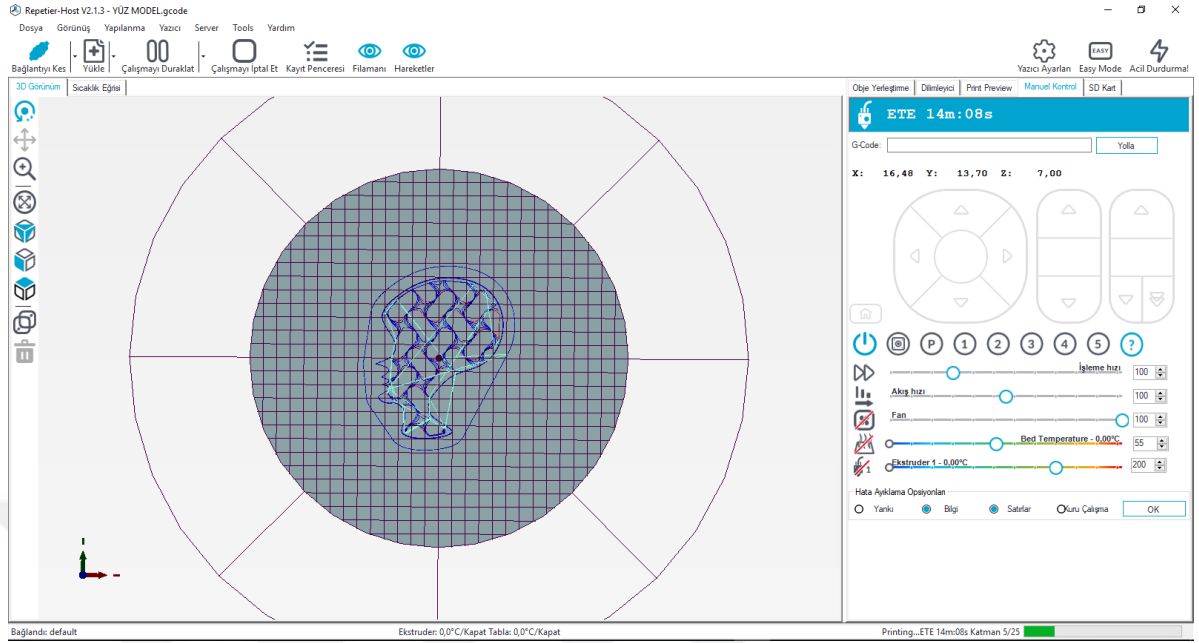
G-code'a dönüştürülmüş model Repetier Host programı üzerinde açılarak baskı işlemi başlatılır. Bu program sayesinde baskı işlemi sırasında baskı hızı ve çamurun akış hızı gibi bileşenler kontrol edilebilirken bunun yanı sıra baskının bitimine kalan süre de gözlemlenebilir (Şekil 124-125-126-127).



Şekil 124. G-code'a dönüştürülmüş olan modelin Repetier Host programıyla açılması.



Şekil 125. G-code'a dönüştürülmüş olan modelin Repetier Host programıyla açılmış ve baskıya hazır hali.



Şekil 126. Modelin baskı esnasında Repetier Host programı üzerindeki görüntüsü.



Şekil 127. Modelin baskı esnasındaki görüntüsü.

3.5. Baskı Süreci İçin Uygun Çamur Yoğunluğunun Tespit Edilmesi, Hazırlanması Ve Depoya Yerleştirilmesi

3.5.1. Baskı Süreci İçin Uygun Çamur Yoğunluğunun Tespit Edilmesi

Baskı sürecinin başlatılabilmesi için ön koşul çamurun ekstrüder haznesine transfer edilmesini sağlamaktır ve bunun için öncelikle bir depoya ihtiyaç vardır. Çamur deposunun içine doldurulmuş malzeme motor ve ya hava gücü kullanılarak ilerletilen bir piston aracılığıyla önce hortuma ve daha sonra ekstrüder haznesine taşınır. Gerekli olan hava basıncı ya da motor gücü çamurun yoğunluğuna göre değişkenlik gösterir. Sağlıklı bir baskı için kullanılacak olan çamurun 2-4 bar arası bir basınç uygulandığında kesintisiz bir şekilde hortum ve ekstrüder içinde ilerlemesi beklenir. Çamurun gereğinden yoğun kıvamda olması kullanılması hem gereken hava basıncını yükseltir hem de ekstrüder motorunun gücünü zayıflatıp çamurun akış hızını düşürür. Yani üretim esnasında alınacak olan baskının kalitesi kullanılacak olan çamurun yoğunluğu ile doğrudan bağlantılıdır (Şekil 128).



Şekil 128. Hava basıncıyla çalışan çamur deposu.

(Aslan, 2017: 65)

Baskı sürecinin sağlıklı ilerleyebilmesi için kullanılacak olan çamurun yoğunluğunun saptanıp standartlaştırılması gerekmektedir. Bu bağlamda, uygulamaların üretimi esnasında kullanılan farklı çamurlar önce kurutulup tartılmış ve daha sonra farklı su oranlarıyla karıştırılarak plastik hale getirilmiştir. Bu işlem sonucunda kendi içlerinde deney gruplarına ayrılmış olan farklı akışkanlıktaki çamur numunelerine basınç deneyi uygulanmış ve uygun yoğunluk saptanmaya çalışılmıştır.

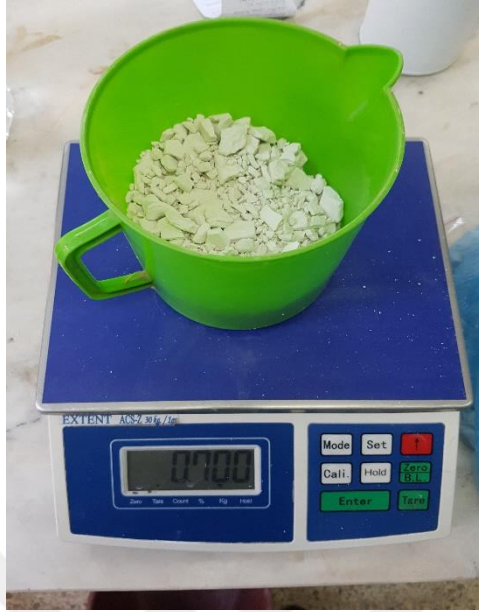
Saptamanın doğru sonuçlanabilmesi için farklı yoğunluktaki çamur numuneleri birer şırıngaya doldurulmuş ve numunelere elektronik bir tartı üzerinde, üretim için uygun basınç aralığının kg cinsinden karşılığı kadar baskı uygulanmıştır⁵. Bu işlem esnasına numunelerinin şırınga içindeki ilerleme hızları gözlemlenmiş ve uygun yoğunlukta olduğu düşünülen numuneler bir kere de çamur deposunun haznesine doldurulup, uygulanacak formlar üzerinde tekrar test edilmiştir (Şekil 129-130-131).

Tüm bu testlerin sonucunda elde edilmiş verilerin tablosu şu şekildedir;

Tablo1. Üretim aşamasında kullanılan çamurların su yüzdelerini belirten tablo.

Kullanılan çamur çeşidi	Kuru çamur oranı (gr)	Su oranı (gr)	Su yüzdesi
Stoneware çamuru	660-640	340-360	%34-36
Kahverengi stoneware torna çamuru	700-680	300-320	% 30-32
Limoges porselen vakum çamuru	800-780	200-220	%20-22
Kırmızı Çamur (Menemen)	780-750	220-250	% 22-25

⁵ 1 Bar=1.02 Kg/cm² (Convert Units)



Şekil 129-130. Kullanılacak olan çamurun kuru ölçümünün yapılması ve üzerine eklenecek su miktarının ölçülmesi.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 131. Plastik hale getirilmiş çamurların bir şırınga içine doldurulup basınç deneyi uygulanması.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)

3.5.2. Çamuru Depoya Yerleştirme ve Baskı Süreci İçin Yazıcının Hazırlanması

Üretim için uygun yoğunluğu saptanmış olan çamur önceden belirlenen oranlara bağlı kalınarak hazırlanır ve plastik hale getirilir. Baskı esnasında kullanılacak olan çamurun içinde herhangi bir katı parçacık ve hava kabarcığı kalmamalıdır bu yüzden çamur depoya doldurulmadan önce spatula ya da sistre ile ezilerek pürüzssüz hale getirilir (Şekil 132-133).



Şekil 132-133. Çamurun spatula ile ezilerek pürüzssüz hale getirilmesi.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)

Çamurun depoya doldurması sırasında en önemli nokta hazırlama aşamasında olduğu gibi hava kabarcıklarının kalmamasıdır. İçine pistonu yerleştirilen depo çamurla doldurulmaya başlanmadan önce iç yüzeyin tamamen temiz olmasına dikkat edilmelidir aksi taktirde piston iç yüzeydeki pürüzlere takılarak doğru bir şekilde ilerlemeyebilir. Pistonu yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra pürüzssüz hale getirdiğimiz çamur deponun ağız kısmından sığabilecek büyüklükte toplar halinde getirilerek sınıflanır. Hazırlanan çamur topları teker teker çamur deposunun içine atılır. Ancak çamur topları arasında hava kalmaması için her işlemten sonra depo içindeki çamur kütlelerinin üzerine el ya da başka bir araç ile baskı uygulanması gerekmektedir (Şekil 134-135-136-137-138-139-140-141-142).



Şekil 134-135-136. Çamur deposunun parçaları ve pistonun depoya yerleştirilmesi.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 137-138-139. Spatula ile ezilerek hazırlanan çamurların deponun içine yerleştirilmek üzere top haline getirilmesi.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 140-141-142. Top haline getirilmiş çamurların depoya yerleştirilmesi.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)

Dolum işlemi tamamlanan deponun kapakları sıkıca kapatılır ve yazıcıyla bağlanmaya hazır hale getirilir (Şekil 139-140-141).



Şekil 143-144-145. Deponun kapaklarının kapatılışı.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)

Yazıcının baskı için hazır hale getirilme aşamasında ilk basamak ekstrüderin yazıcıya monte edilmesidir. Bunun için önce ekstrüderin parçaları bir araya getirilmelidir. Ekstrüder, yazıcıda çamur akışını kontrol eden parçadır. Genel hatlarıyla, depodan gelen çamuru muhafaza eden ve nozula gönderilmesini sağlayan bir ana gövde, bu gövdeye bağlı ve depo ile ekstrüderi birbirine bağlayan bir çamur girişi, motor, çamurun ana gövde içinde ilerleyişini sağlayan motora bağlı bir matkap uç ve ağız kısmında da çamurun istediğimiz kalınlıkta baskı tablasına akmasını sağlayan nozuldan oluşur. Sırasıyla motor, çamur girişi, matkap uç ve son olarak da nozul bölümü ekstrüderin ana gövdesine monte edilir. Montajı tamamlanmış olan ekstrüder artık yazıcıya bağlanmaya hazır hale gelmiş olur (Şekil 146-147-148-149-150-151).



Şekil 146-147-148. Ekstrüderin parçaları ve montaj aşaması.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



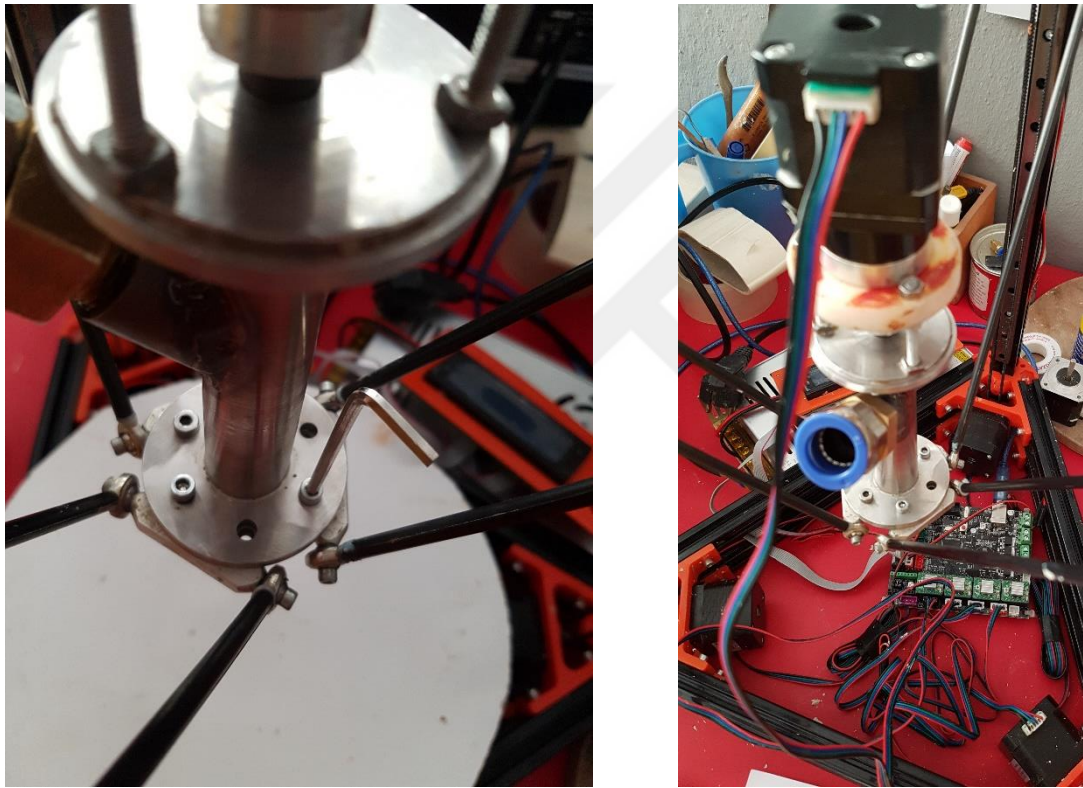
Şekil 149-150-151. Ekstrüderin montaj aşaması.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)

Yazıcının en önemli parçalarından biri olan rot çubukları bir ucunda yazıcının ana gövdesi üzerinde hareketi sağlayan taşıyıcı diye tanımladığımız parçaya bağlı iken diğer taraftan da ekstrüder yatağı ya da balık gözü efektörü (fisheye efektor) olarak adlandırabileceğimiz parça üzerine bağlıdır. Rot çubukları ve bu çubuklara bağlı balık gözü efektörü yazıcıdan gelen komutlara göre ekstrüderi hareket ettirmektedir. Dışardan direkt olarak satın alınan balık gözü efektörleri kullanılan ekstrüderin yapısına uygun

olmayabilir bu sebeple bu parça üzerinde yeni düzenlemeler yapılarak iki parçanın birbirine uyumlu hale getirilmesi sağlanmalıdır.

Montajı tamamlanmış olan ekstrüder, rot çubuklarına bağlı haldeki balık gözü efektörünün üzerine civatalar yardımı ile monte edilir. Yazıcıya monte edilen ekstrüderin motoru, yazıcının ana kartı ile bağlanır (Şekil 152-153).



Şekil 152-153. Ekstrüderin yazıcıya bağlanış aşamaları.

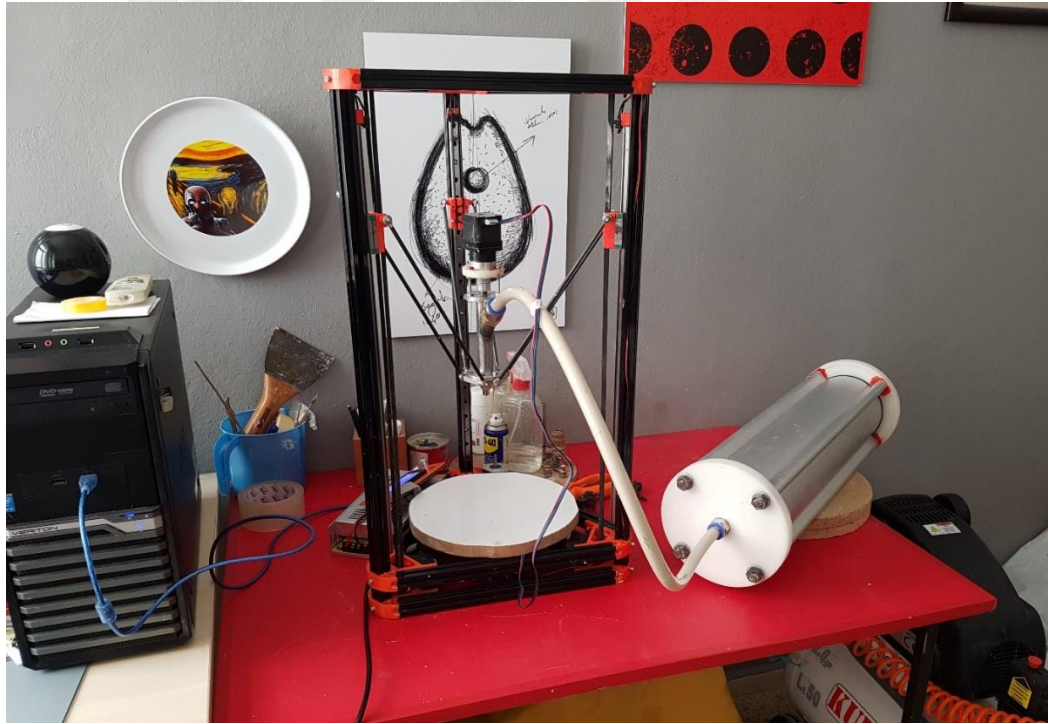
(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)

Bu işlemten sonra doldurulmuş ve yazıcıya bağlanmaya hazır haldeki çamur deposu bir hortum yardımıyla ekstrüderin çamur girişine bağlanır. Deponun diğer tarafına ise kompresör bağlanarak depo içindeki çamurun hava basıncıyla ekstrüdere ulaşması sağlanır (Şekil 154-155-156-157).



Şekil 154-155-156. Çamur deposu ile yazıcının birbirine bağlanış aşamaları.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 157.Yazıcının montajı tamamlanmış, çalışmaya hazır haldeki görüntüsü.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



4.BÖLÜM

UYGULAMALAR

BÖLÜM 4

UYGULAMALAR

Zaman içinde ve insanla birlikte gelişmeye ve değişmeye başlayan seramik sanatının bugünkü yapısına kavuşması ve şu an içinde bulunduğu pozisyonda değerlendirilmesi, yüz yıllar almıştır. İlk çağlardan bu yana günlük yaşantının vazgeçilmez bir parçası olan fonksiyonel kapların yanı sıra idoller, rytonlar gibi küçük heykelcikler şeklinde hayat içerisinde kendisine her zaman bir yer edinen seramik malzeme günümüzde de ilerleyiş serüvenini hala sürdürmektedir.

1970’li yılların başlarında ilk kez ortaya çıktığından beri gelişimine hızla devam eden ve artık günümüzde üretimin vazgeçilmez bir parçası olan üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin seramik alanında da kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojileri gerek endüstriyel gerek sanatsal seramik üretiminde kullanıcılarına çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Bunlardan en önemlisi ise bu teknolojilerin elle üretilmeyecek kadar detaylı ve karmaşık formların üretimine olanak sağlamasıdır.

Geleneksel seramik şekillendirme yöntemlerinde üretilen formların sağlıklı bir şekilde kuruyup pişebilmesi için hafiflik ve incelik gibi özellikleri ön plana çıkmakta ve bu sebeple genellikle formların iç kısımları boş kalacak biçimde şekillendirilmektedir.

“Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretililecek Form Araştırmaları” isimli bu çalışmada yapılan uygulamalarda öncelikle el ile üretilmeyecek kadar girift formlar üzerinde durulmuştur. Yazıcının bize sunduğu imkânlar doğrultusunda ağırlıklı olarak iç dolgu malzemelerinin kullanımına yönelilmiştir. Uygulamalarda ilk olarak farklı iç dolgu desenleri farklı yoğunluklarda kullanılarak denemeler yapılmış. Yazıcı üzerindeki nozul çapları değiştirilerek 1,2 mm ve 2 mm olmak üzere iki farklı et kalınlığı ile üretim sağlanmıştır. Bunun yanı sıra uygulamalarda kullanılan üç boyutlu yazıcının sınırlarını keşfedebilmek adına yazıcı ile üretililecek formların minimum ve maksimum boyutları araştırılmış ve yazıcının minimum 3cm maksimum 17 cm çapında üretim yapabildiği saptanmıştır.

Uygulamalarda Limoges porselen vakum çamuru, stoneware çamuru, kırmızı çamur ve kahverengi çamur kullanılmıştır. Kullanılan her çamur için uygun plastiklik saptanmış ve her çamur için yine farklı et kalınlıklarında uygulamalar yapılmıştır.

Yazıcının çalışma hızı, ekstruderin üretim tablasına olan yüksekliği, nozul çapının inceliği, kullanılan çamurun plastikliği gibi değişkenlerle oynanarak formlara yeni dokular kazandırılmaya çalışılmıştır.

Uygulamalar, siluetler, süje, hata, geometrik denemeler ve benlik serisi olmak üzere toplamda beş seriden oluşmaktadır.

4.1. Siluetler Serisi

Binlerce yıllık değişmeyen tabuların toplamından oluşan toplumun, farklı ve kendi kurallarına aykırı insanlara tahammülü yoktur. Zaman içinde farklılıklarından utanmayı öğrenen ve olduğu gibi görünemeyen bireyler topluma göstermek istemedikleri taraflarını ördükleri duvarlar ardına gizleyerek dışarıdan gelebilecek tehlikelere karşı iç dünyalarını korumaya çalışırlar ve böylece aslında kendi duvarlarının içinde toplumdan uzaklaşırlar ve yalnızlaşırlar.

Bireyler kendi sosyal çevrelerine ve içinde yaşadıkları topluma karşı, esas benliklerini gizlemek, zayıflıklarını saklamak için ördükleri duvarlarla oldukları gibi görünemeseler de, en azından olmak istedikleri insanı yansıtan bir duvar inşa edebilirler.

Siluetler serisindeki insan kesitleri ile aslında dışarıdan bakıldığında kapalı birer kutu olarak görünen, çevrelerine karşı istedikleri gibi şekillendirebilecekleri veya arkasına rahatlıkla saklanabilecekleri duvarları olan insanların iç yüzlerini, sakin görünen insanların içlerindeki karmaşayı, dışardan çok güçlü görünen insanların aslında ne kadar kırılgan olduklarını, içinde fırtınalar kopanların ördükleri duvarlar sayesinde nasıl dingin ve kontrollü görünebildiklerini ve bununla birlikte dışardan bakıldığında benzer görünümlere sahip olan bireylerin iç dünyalarının birbirinden ne kadar farklı olduğu izleyiciye yansıtılmaya çalışılmıştır.

Farklı iç dolgu modelleri ve yoğunlukları kullanılarak tasarlanmış, farklı çamurlar kullanılarak şekillendirilmiş olan silüetler serisi, “İnsan biraz da kendi emeğidir”, “Çobanyıldızı”, “Kovan”, “Yaratılış” ve “İkizler” olmak üzere beş gruptan ve toplam sekiz parça çalışmadan oluşmaktadır.



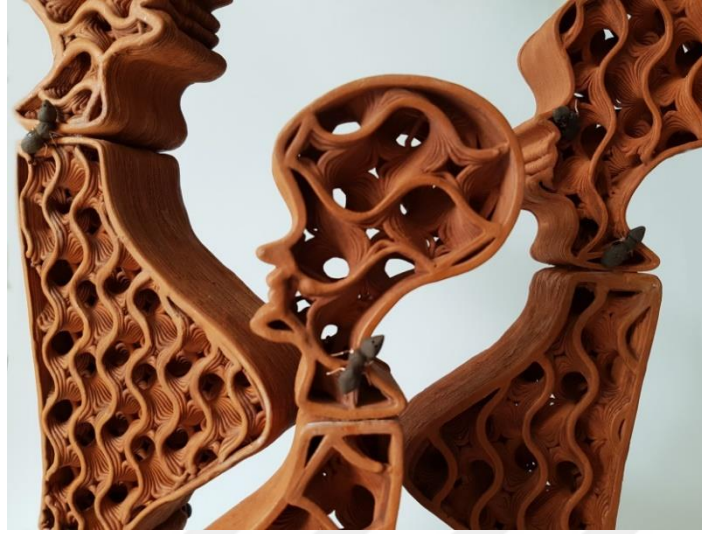
Şekil 158. “İnsan biraz da kendi emeğidir”, üç boyutlu yazıcı ve elle şekillendirme, iç dolgu: %15-%12-%7 gyroid, et kalınlığı: 2mm, 48x16x13 cm, 41x14.5x11 cm, 35x13x9.5 cm, kırmızı çamur (Yoğunluk: %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



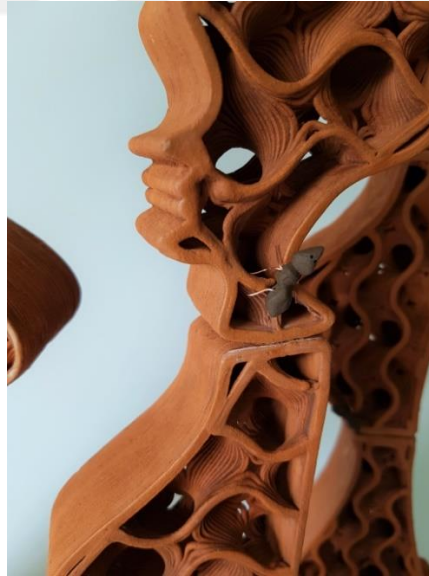
Şekil 159. “İnsan biraz da kendi emeğidir”, üç boyutlu yazıcı ve elle şekillendirme, iç dolgu: %15-%12-%7 gyroid, et kalınlığı: 2mm, 48x16x13 cm, 41x14.5x11 cm, 35x13x9.5 cm, kırmızı çamur (Yoğunluk: %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



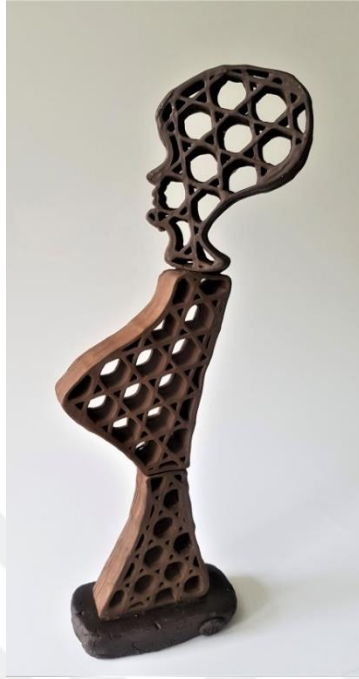
Şekil 160. “İnsan biraz da kendi emeğidir”, üç boyutlu yazıcı ve elle şekillendirme, iç dolgu: %15-%12-%7 gyroid, et kalınlığı: 2mm, 48x16x13 cm, 41x14.5x11 cm, 35x13x9.5 cm, kırmızı çamur (Yoğunluk: %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



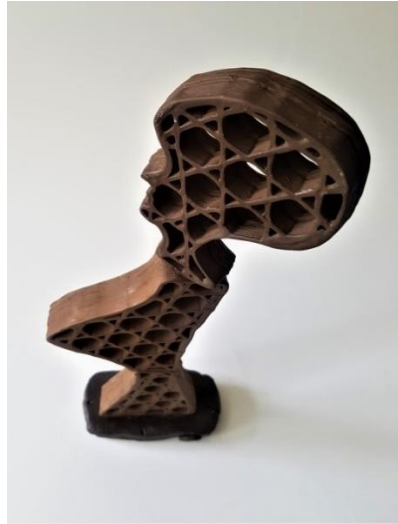
Şekil 161. “İnsan biraz da kendi emeğidir”, üç boyutlu yazıcı ve elle şekillendirme, iç dolgu: %15-%12-%7 gyroid, et kalınlığı: 2mm, 48x16x13 cm, 41x14.5x11 cm, 35x13x9.5 cm, kırmızı çamur (Yoğunluk: %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 162-163. “Çobanyıldızı”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, kahverengi çamur (Yoğunluk: %30), iç dolgu: %15 star (yıldız), 40x12x5.5 cm, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 164-165. “Çobanyıldızı”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, kahverengi çamur (Yoğunluk: %30), iç dolgu: %15 star (yıldız), 40x12x5.5 cm, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 166. “Kovan”, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, iç dolgu: %10 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2mm, 37x11.5x7.5 cm, Limoges porselen çamuru (Yoğunluk:%22), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



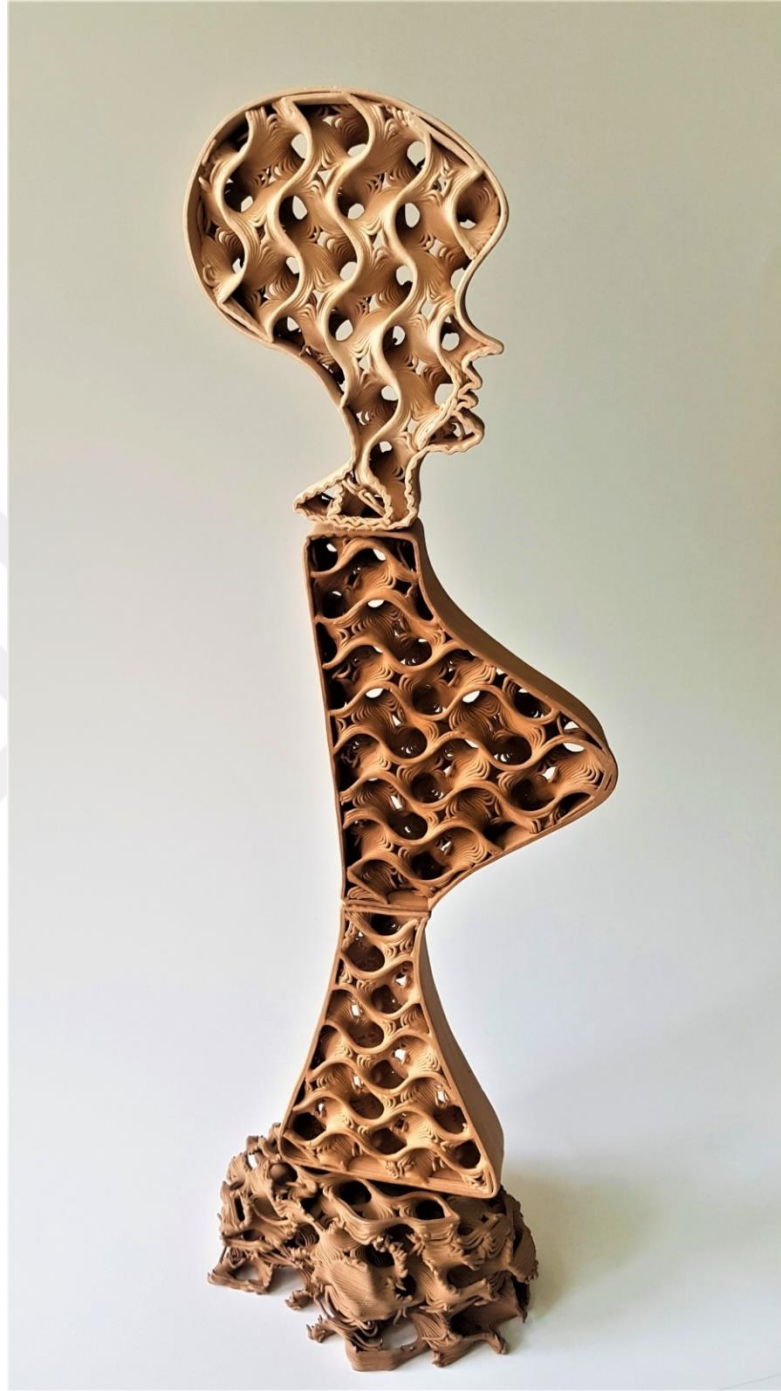
Şekil 167-168. Kovan, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, iç dolgu: %10 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2mm, 37x11.5x7.5 cm, Limoges porselen çamuru (Yoğunluk:%22), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 169. Kovan, üç boyutlu yazıcıyla şekillendirme, iç dolgu: %10 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2mm, 37x11.5x7.5 cm, Limoges porselen çamuru (Yoğunluk:%22), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 170. “Yaratılış”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %15 gyroid, et kalınlığı: 1,2 mm, 50x15x13 cm, stoneware çamuru ve kahverengi çamur karışımı (çift renkli çamur) (Yoğunluk: %33), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 171. “Yaratılış”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %15 gyroid, et kalınlığı: 1,2 mm, 50x15x13 cm, stoneware çamuru ve kahverengi çamur karışımı (çift renkli çamur) (Yoğunluk: %33), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 172. “Yaratılış”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %15 gyroid, et kalınlığı: 1,2 mm, 50x15x13 cm, stoneware çamuru ve kahverengi çamur karışımı (çift renkli çamur) (Yoğunluk: %33), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 173. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 174. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 175. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 176. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 177. “İkizler”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 cubic (kübik) - %10 triangular (üçgen), et kalınlığı: 2mm, 49x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar,mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)

4.2. Süje Serisi

Süje felsefede kelime anlamı olarak özne, bilen kişi olarak geçmektedir. Obje ise bilinen yani nesne anlamı taşımaktadır. Süje ve obje arasındaki etkileşimden doğan duyu verileri ve insanın hayat boyunca edindiği deneyimler ile vardığı sonuçlar ise bilgiyi oluşturur. (Bilim, Bilgi, Süje ve Obje nedir?, 2010)

İlk algı ve deneyimlerimizle temellerini atan, her farkındalıkla bu temellerin etrafını katmanlar halinde örmeye başlayan bilincimiz, her insanda farklı biçimlerde şekillenerek büyür. Beş duyumuzla algıladığımız somut dünyadaki herhangi bir veri her insan tarafından farklı algılanıp, farklı zihinlerde, farklı olgular oluşturarak bizi birbirimizden ayırmaya devam eder. Böylece renk, koku, soğuk gibi en ufak bir veri bile her zihinde farklı yerlere temas ederek farklı algılar oluşmasına sebep olur. Örneğin sergilenen bir sanat eseri herkes için farklı çağrışımlarda bulunacak hatta eser üzerindeki bir rengi bile herkes farklı tonda görecektir fakat bunu karşısındakine izah edemeyecektir. Yani aslında kimse kimsenin gördüğü rengin aynısını göremeyecektir.

Eğer herhangi bir zeminde bu farklılıkları karşı tarafa somut verilerle anlatmak ve göstermek mümkün olsaydı; ortaya çıkabilecek çeşitlilik bu güne değin yaşamış insan sayısı kadar çok olacak ve insanoğlu bu çeşitliliği algılamakta zorlanacaktı.

Bu seride insanların aynı verileri kendi zihin yapılarının doğrultusunda nasıl farklı algıladıkları ve yorumladıkları, bunun sonucunda aynı durum ve olaylara gösterecekleri tepkilerdeki farklılığın ne kadar büyük olacağını, tüm bunların yanı sıra insanlığın bugüne kadarki gelişimi macerasının temelinde de yine zihin yapılarındaki bu çeşitliliğin yattığı anlatılmak istenmiştir.

Süje Serisi, “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, “Bilinçaltı”, “Açık fikirli”, “İnfilak” ve “Ruh ikizi” olmak üzere toplam beş grup, sekiz adet çalışmadan oluşmaktadır.



Şekil 178. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 179. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 180. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 181-182. “Tick as a brick (Tuğla kadar kalın)”, üçboyutlu yazıcı ile şekillendirme, soldan sağa iç dolgu: %15-%10-%18-3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), soldan sağa; 23x15x10 cm, 22x20x12 cm, 25x18x11 cm, et kalınlığı: 2mm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transpanan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 183. “Bilinçaltı”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %12 hilbert curve (hilbert eğrisi), et kalınlığı 2mm, 17x13.5x7 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %36), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 184. “Bilinçaltı”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %12 hilbert curve (hilbert eğrisi), et kalınlığı 2mm, 17x13.5x7 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %36), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 185. “Bilinçaltı”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %12 hilbert curve (hilbert eğrisi), et kalınlığı 2mm, 17x13.5x7 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %36), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 186. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 187. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 188. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 189. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 190. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 191. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



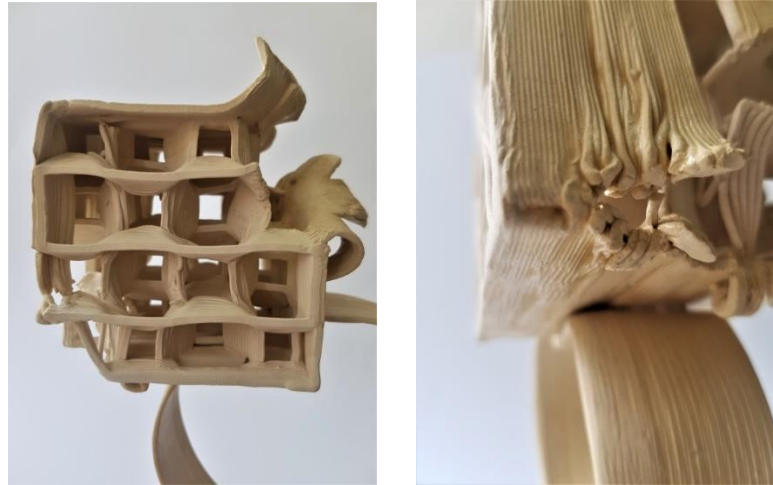
Şekil 192. “Açık fikirli”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 27x15x8 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 193-194. “İnfilak”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 31x17x12 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 195-196. “İnfilak”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 31x17x12 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



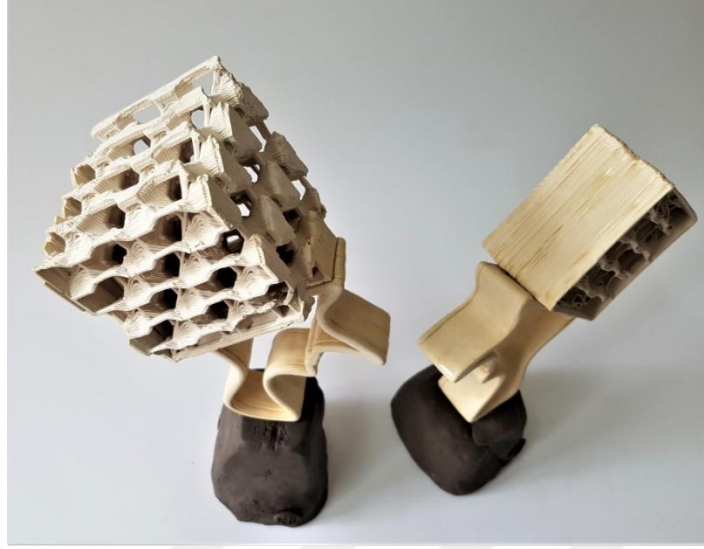
Şekil 197. “Ruh ikizi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 30x13x9 cm - 25x13x9, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



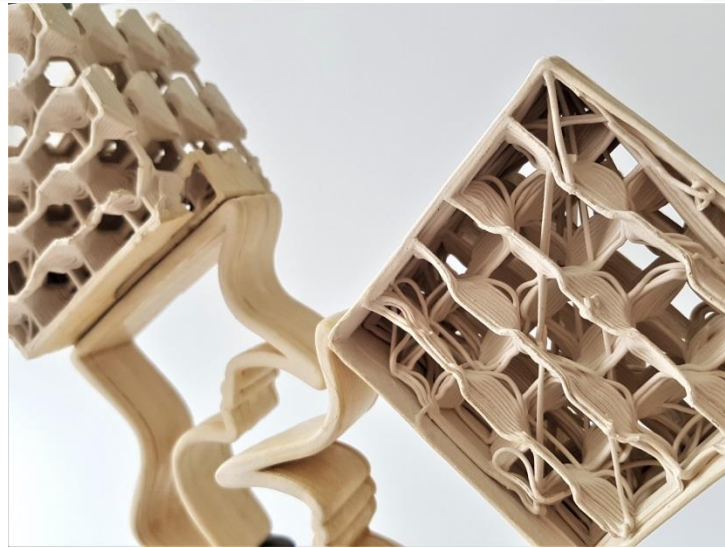
Şekil 198. “Ruh ikizi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 30x13x9 cm - 25x13x9, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 199. “Ruh ikizi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 30x13x9 cm - 25x13x9, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 200. “Ruh ikizi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: %10 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 30x13x9 cm - 25x13x9, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)

4.3.Hata Serisi

Üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme denildiğinde akla ilk olarak kusursuz ve seri üretim kavramları gelmektedir. Hata serisinde ise yazıcıların üretim esansında yaptığı hatalar kullanılarak sanatsal değerler elde edilmeye çalışılmış ve böylece anlatılmak istenilenlerin felsefi açıdan da güçlendirilmesi hedeflemiştir.

“Unutmadım aklımda” isimli çalışmada üretilmek istenilen form belli bir yüksekliğe getirildikten sonra yazıcının çalışma hızı arttırılmış ve böylece formun deformasyonu sağlanmıştır.

“Ben arıyım, dersin, balın var mıdır ?” isimli çalışmanın üst kısmında bulunan yarım küre şeklindeki formun üst yüzeyinde bulunan dikenli tel dokusunu elde edebilmek için kullanılan çamur, sağlıklı bir baskı için gerekli yoğunluktan daha koyu kıvamda hazırlanmış ve 1,2 mm lik nozul çapı kullanılarak baskı sırasında nozulun tıkanması sağlanmıştır.

“Beni yavaşlat” isimli çalışmada silüetlerin iç kısımlarında bulunan vazoların formları, boyutları ve baskı için kullanılan çamur yoğunlukları tamamen aynıyken birisi baskı işlemimin başından itibaren yavaş üretilirken diğerinde ise baskı işlemimin başından itibaren formun üretimine uygun olmayan çok yüksek bir hız kullanılmıştır.

“Kimlik” isimli çalışmada kurşun izine benzer etki ekstruder içinde kalan havanın baskı esansında dışarıya çıkması sebebiyle oluşmuştur. Bu çalışma üzerinde tesadüfen elde edilen bu etki baskı esansında ekstruderin içinde bilinçli bir şekilde hava bırakılarak da elde edilebilir.

“Yerden yüksek” isimli çalışmada yazıcının ekstruder kısmı baskı tablasından daha yüksek bir konuma alındıktan sonra vazo formlarının baskısına başlanmış ve böylece vazoların taban kısımlarındaki dokular elde edilmiştir. Vazoların biri formun yapısına uygun bir hızda, diğeri ise çok daha hızlı şekilde üretilmiş ve böylece baskı esnasında deformasyon sağlanmıştır.

Hata serisinde, kusursuz çalışmak için tasarlanmış bir makinenin bile hatalar yapabileceği ama bu hataların çalışmalara kazandırdığı sanatsal değerlerin göz ardı edilmemesi gerektiği metaforu üzerinden kendi hayatımızda yaptığımız hatalarında hayatımızın bir parçası olduğu, hatalarımızın hayatımıza kazandırdığı değerleri de göz ardı etmememiz gerektiği, hayatımızın akışı içinde yaptığımız hataların bize bugünkü kimliğimizi kazandırdığını unutmamamız gerektiği anlatılmaya çalışılmıştır.

Hata serisi, “Unutmadın aklımda”, “Ben arıyorum, dersin, balın var mıdır?”, “Beni yavaşlat”, “Kimlik” ve “Yerden yüksek” olmak üzere toplam beş grup ve sekiz adet çalışmadan oluşmaktadır.



Şekil 201. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 202. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 203. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 204. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 205. “Unutmadım aklımda”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: %7 3d honeycomb (üç boyutlu bal peteği), et kalınlığı 1,2mm, 26x15x7.5 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %34), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 206. “Ben arıyım, dersin, balın var mıdır?”, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, kırmızı çamur (yarım küre için yoğunluk: %18), kırmızı çamur (ana gövde için yoğunluk %25), mangan oksit, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 207. “Ben arıyım, dersin, balın var mıdır?”, kırmızı çamur mangan oksit, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



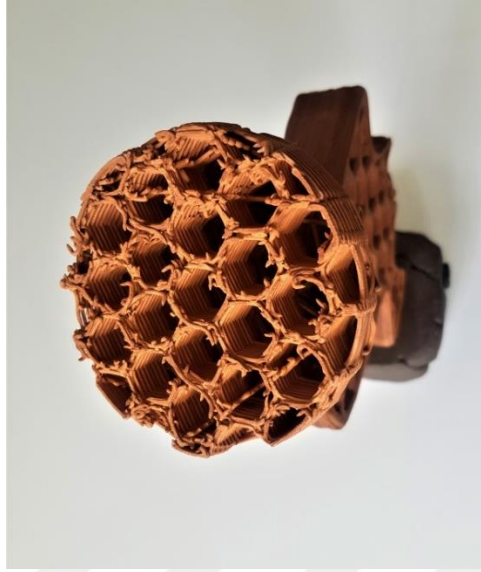
Şekil 208. “Ben arıyım, dersin, balın var mıdır?”, kırmızı çamur mangan oksit, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 209. “Ben arıyım, dersin, balın var mıdır?”, kırmızı çamur mangan oksit, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 210. “Ben arıyım, dersin, balın var mıdır?”, kırmızı çamur mangan oksit, üç boyutlu yazıcıyla ve elle şekillendirme, yarım kürenin iç dolgusu: %15 honeycomb (bal peteği), ana gövdenin iç dolgusu: %10 honeycomb (bal peteği), 26x15x7 cm, 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 211. “Beni yavaşlat”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, yazıcının çalışma hızı: 100-140, et kalınlığı 2mm, 14x14x5.5 cm, 7x4cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 212. “Beni yavaşlat”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme,yazıcının çalışma hızı: 100-140, et kalınlığı 2mm, 14x14x5.5 cm, 7x4cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 213. “Beni yavaşlat”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme,yazıcının çalışma hızı: 100-140, et kalınlığı 2mm, 14x14x5.5 cm, 7x4cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 214. “Yerden yüksek”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, yazıcının çalışma hızı: 150-100, 9x11,5x7 cm, 13x11x5.5 cm, stoneware çamuru, (yoğunluk: %35), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 215. “Yerden yüksek”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, yazıcının çalışma hızı: 150-100, 9x11,5x7 cm, 13x11x5.5 cm, stoneware çamuru, (yoğunluk: %35), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 216. “Yerden yüksek”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, yazıcının çalışma hızı: 150-100, 9x11,5x7 cm, 13x11x5.5 cm, stoneware çamuru, (yoğunluk: %35), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 217. “Kimlik”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, 18x15x6 cm, kahverengi çamur ve stoneware çamuru karışımı, (yoğunluk: %32), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 218. “Kimlik”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, 18x15x6 cm, kahverengi çamur ve stoneware çamuru karışımı, (yoğunluk: %32), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)

4.4. Geometrik Denemeler Serisi

Geometrik Denemeler Serisi, “Düş kapanı” ve “Tamlık bölgesi” isimli iki çalışmadan oluşmaktadır.

“Düş kapanı” isimli çalışmada Rhinoceros modelleme yazılımı ve bu yazılımının eklentisi olan Grasshopper ile mobious formu tasarlanmış ve bu formun tam, yarım ve çeyrek parçaları farklı iç dolgu desenleri kullanılarak 1,2 ve 2 mm lik et kalınlıklarıyla üretilmiştir. Başlangıçta bütün olarak tasarlanmış olan form, baskıya hazırlanırken Slic3r dilimleme yazılımı üzerinde önce yarım sonra da çeyrek parçalara ayrılmıştır.

Silüetin içindeki tam parçanın iç dolgu deseni ve yoğunluğu : %15 gyroid olup boyutu 10x4 cm dir.

Yarım parçaların iç dolgu desenleri ve yoğunlukları: %10 honeycomb (bal peteği), %10 gyroid olup parçaların boyutları 15x15x4 cm dir

Çeyrek parçaların iç dolgu desenleri ve yoğunlukları: %10 cubic (kübik), %10 triangular (üçgen) ve %15 star (yıldız) şeklinde olup parçaların boyutları 15x7,5x4 cm dir.

“Düş kaparı” isimli çalışmada gün boyunca topladığımız ve bilinçaltımıza depoladığımız verilerin uyku esnasında görsel ve işitsel veriler olarak ortaya çıkması olan rüya hali üzerinde durmaktadır. Gün içinde gördüğümüz ama dikkat etmediğimiz bir yüz, bir araç veya ufak bir ayrıntı uyku esnasında düşüncelerimiz ve hissettiklerimizle harmanlanır ve rüyaya dönüşür. Rüyalarımızda, genellikle gün içinde dikkat etmediğimiz bu ufak ayrıntılar büyür ve göz ardı edemeyeceğimiz büyük ve çok önemli detaylara dönüşür ya da parçalara bölünerek başkalaşır. Bu çalışmada, insana dair çok önemli ip uçları taşımakta olan rüya evresi ve bu evrede bilinçaltımızdaki verilerin ayrışması, başkalaşımı ve su yüzüne çıkışı izleyiciye aktarılmaya çalışılmıştır.

Geometrik denemeler serisinin ikinci çalışması olan “Tamlık Bölgesi”, Rhinoceros modelleme yazılımının eklentisi olan Grasshopper ile tasrlanmış olup toplam 12 parçadan oluşmaktadır. 1,2 mm et kalınlığında ve ekstrudersiz bir şekilde üretilmiş olan parçaların iç dolgu deseni ve yoğunluğu %15 honeycomb (bal peteği) dir. Yapboz isimli çalışma tamamen kapandığında 10x10 cm lik bir küp oluşturmaktadır.

Her bütün başka bir bütünün parçası, her parça da başka parçalardan oluşmuş bir bütündür. Yani aslında her şey hem birşeylerin parçası hem bütündür.

İlk insanlar doğadaki parçaları ilişkilendirerek yeni bilgiler oluşturmuş, her edindiği bilgiyle bilinç seviyesi gelişmiş ve gelişen bilinç yeni parça ve bütünler keşfetmiştir.

Parçayı bütünleyip ilişkilendirmek ve bütünü çözümleyip parçalara ulaşmak her ne kadar insanın doğuştan yeteneği olsa da sadece insani güdüler bir bütünü oluşturmaya yetmez. Parçaları bütünlemek, görmeyi, anlamayı ve düşünmeyi gerektirir.

“Tamlık bölgesi” isimli çalışma bir bütünün parçası olmanın sağladığı rahatlama duygusunu, farklılıklarımız olsa da bizi biz yapanın sahip olduğumuz bu ufak

farklılıklar olduğunu, bu farklılıkların aslında bizi bir bütüne tamamladığını, karmaşık bir bütünün küçük ve basit bir parçası gibi görünen bireyin, aslında sistemin kendisi kadar karmaşık parçalardan oluştuğunu, bütünü oluşturan her parçanın bütüne ait tüm öğeleri bünyesinde barındırdığını izleyiciye aktarmaya çalışmaktadır.



Şekil 219. “Düş kapalı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, mobius iç dolgu: % 15 gyroid, et kalınlığı: 1,2-2 mm, 22x12x8cm, mobius: 10x4 cm, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 220. “Düş kapanı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, mobius iç dolgu: % 15 gyroid, et kalınlığı: 1,2-2 mm, 22x12x8cm, mobius: 10x4 cm, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 221. “Düş kapanı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, mobius iç dolgu: % 15 gyroid, et kalınlığı: 1,2-2 mm, 22x12x8cm, mobius: 10x4 cm, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



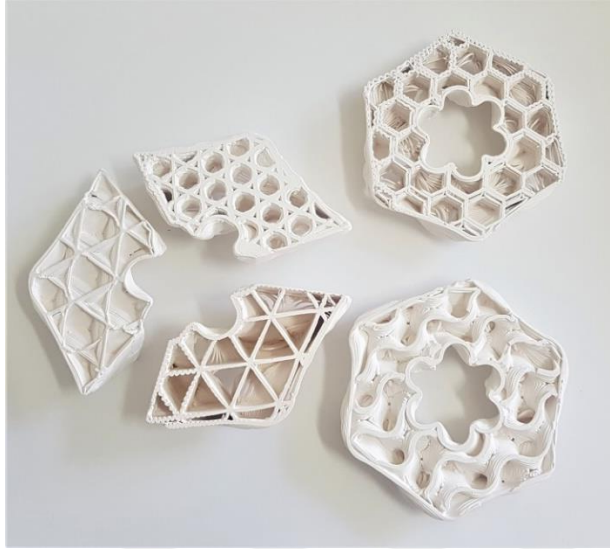
Şekil 222. “Düş kapanı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, mobius iç dolgu: % 15 gyroid, et kalınlığı: 1,2-2 mm, 22x12x8cm, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 223. “Düş kapanı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, et kalınlığı: 1,2-2 mm, yarım parçaların boyutları 15x15x4, çeyrek parçaların boyutları 15x7,5x4, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 224. “Düş kapanı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, et kalınlığı: 1,2-2 mm, yarım parçaların boyutları 15x15x4, çeyrek parçaların boyutları 15x7,5x4, Limoges porselen çamuru (yoğunluk: %20), 1100 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 225. “Tamlık bölgesi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: % 15 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 1,2 mm, 10x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 226. “Tamlık bölgesi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: % 15 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 1,2 mm, 10x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 227. “Tamlık bölgesi”, üç boyutlu yazıcı ile ekstrudersiz şekillendirme, iç dolgu: % 15 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 1,2 mm, 10x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)

4.5. Benlik Serisi

Benlik serisi “Sen başkasın ben başka” ve “Yabancılaşma” isimli iki çalışmadan oluşmaktadır.

“Sen başkasın ben başka” isimli çalışmada, toplumun sert ve değişmez kurallarının karşısında bireyin içine kapanışı. Özgürce dile getiremediklerini kendi içinde tutması, zihninin üzerine yeni bir duvar yeni bir maske örmesi ve bunun sonucunda zamanla kendi iç dünyasına bile duyarsızlaşıp yüz çevirmesi. Tüm bunların yanı sıra kendine küşmüş yüz çevirmiş insanların birbirlerini nerde görseler tanımaları, hissetmeleri ve birbirlerine dönme istemleri izleyiciye aktarılmaya çalışmıştır.

Yaşadığımız süre boyunca tanıştığımız veya sadece karşılaştığımız insanlar bizi zaman içinde şekillendirirler. Hayat yolculuğunda karşımıza çıkan veya bir şekilde hayatımıza dahil olan her yeni birey bizi sevgili, arkadaş, dost, düşman, iyi veya kötü yapar. Hayatımızdan yersiz ve zamansız çıkan veya hayatımıza hiç uygun olmadıkları halde zorla almaya çalıştığımız her birey geriye çok büyük boşluklar veya izler bırakır. İnsanların ve hayatın getirdikleriyle şekillendirdiği yeni biz artık kendimizi uzaktan tanıyor hale geliriz.

“Yabancılaşma” isimli çalışmada, kundakla kefen arasında ilerlerken geride bıraktığı yaşanmış hayatının suretine bakıp, gördüklerini yabancılayan bireyin kendi başkalaşım sevrüvenine tanıklık etmesi izleyiciye aktarılmaya çalışmıştır.



Şekil 228. “Sen başkasın ben başka”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 15 hilbert curve(hilbert eğrisi)-%12 rectilinear (düz çizgili), et kalınlığı: 2 mm, 18x16x5.5 cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 229. “Sen başkasın ben başka”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 15 hilbert curve(hilbert eğrisi)-%12 rectilinear (düz çizgili), et kalınlığı: 2 mm, 18x16x5.5 cm, kahverengi çamur (yoğunluk: %30), 1000 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükbaş)



Şekil 230. “Yabancılaşma”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 20 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2 mm, 11x16x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)



Şekil 231-232. “Yabancılaşma”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, iç dolgu: % 20 honeycomb (bal peteği), et kalınlığı: 2 mm, 11x16x10 cm, stoneware çamuru (yoğunluk: %35), astar, mat transparan sır, 1050 °C, 2019.

(Fotoğraf: Merve Nil Küçükerbaş)

SONUÇ

Üç boyutlu yazıcıların üretim şekillerine göre çeşitlerinin ve genel çalışma prensiplerinin incelendiği “Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretilebilecek Form Araştırmaları” isimli tez çalışmasında hala gelişmekte olan ve doğrudan seramik üretimi için tasarlanmış üç boyutlu yazıcıların teknik sorunları, uygulama sırasında oluşan hatalar ve bu hataların giderilmesi için gerekli çözümler araştırılmıştır. Ortaya çıkan sorunların gerek uygulama gerekse tasarım aşamasında önlenmesini sağlayacak yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır. Harç yığma teknolojisiyle (Fused Deposition Modeling – FDM) çalışan ve özellikle atölye tarzı sanatsal ve deneysel seramik uygulamalar için uygun olan delta tipi bir üç boyutlu yazıcı geliştirilerek seramik üretimine uygun hale getirilmiş ve bu yazıcıyla form araştırmaları yapılmıştır.

Seramik alanında da hızla gelişmekte olan üç boyutlu yazıcı teknolojisine uygun çıktıların yapılması bu çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra üç boyutlu yazıcıların hem sanatsal hem de endüstriyel alanda tasarımcıya sağladığı avantaj ve dezavantajların belirlenmiş ve çalışmada bu deneyimler paylaşılmıştır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sağladığı avantajlar sayesinde yeni doku, yüzey, biçim, modelleme yöntemleri ve baskı tekniklerine yönelik arayışlara gidilmiştir.

İlk ortaya çıkışı 1970’li yılların başlarına dayanan üç boyutlu yazıcı teknolojisi büyük bir hızla gelişmiş ve günümüzde hem sanatsal hem de endüstriyel üretimin önemli süreçlerinden biri haline gelmiştir. Bu teknolojinin geçtiğimiz elli yıldaki gelişimi ve bu gelişimin seramik sanatı ve endüstrisi üzerindeki günümüz etkileri, üç boyutlu yazıcıların seramik alanında kullanımının çok daha büyük bir hızla devam edeceğine dair bir öngörü sağlamaktadır. Ülkemizde de Emre Can, Sanver Özgüven ve Fatih Aslan gibi seramik sanatçıları üç boyutlu yazıcı teknolojilerini kullanarak hem sanatsal hem de endüstriyel üretimler yapmaktadırlar.

KAYNAKÇA

TEZLER

ASLAN, Fatih (2017). ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA HARÇ YIĞMA TEKNİĞİ İLE SERAMİK ŞEKİLLENDİRME. Lisans Tezi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

ÖZGÜVEN, Sanver (2017). Seramik sanatında dijital uygulamalar. *Sanatta Yeterlilik Tezi*. Ankara : Hacettepe Üniversitesi-.

KİTAPLAR

DEMİRBAŞ, Y. K. - ARLI, B. (2017). *UYGULAMALARLA ÜÇ BOYUTLU YAZICI YAPIMI VE KULLANIMI*. İSTANBUL: Abaküs Kitap Yayın Dağıtım Hizmetleri.

YAZAR, T. - UYSAL, S. (2016). *GRASSHOPPER İLE PARAMETRİK MODELLEME*. İstanbul: Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık.

MAKALELER

ÇELİK, İ. - KARAKOÇ, F.- ÇAKIR, M. - DUYSAK, A. (2013). HIZLI PROTOTİPLEME TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMA ALANLARI. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 53-66.

HUSON, D. - HOSKİNS, S. (2014, Nisan). 3D Printed Ceramics for Tableware, Artists/Designers and Specialist Applications. *Key Engineering Materials*, 608, s. 351-357.

MARTİNEZ, E. H. - CAN, E. (2016, Haziran). BİLGİSAYAR DESTEKLİ SERAMİK ÜRETİM YÖNTEMİ OLARAK ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE GÜNÜMÜZ KOŞULLARINDA UYGULAMA ÖRNEĞİ. *ANADOLU ÜNİVERSİTESİ SANAT VE TASARIM DERGİSİ*, 6(10), 1.

BİLDİRİLER

KLOCKE, F. - ADER, C. (2003). *DIRECT LASER SINTERING OF CERAMICS*. Ocak 16, 2018 tarihinde Solid Freeform Fabrication Symposium: <https://sffsymposium.engr.utexas.edu/Manuscripts/2003/2003-43-Klocke.pdf> adresinden alındı

SOFU, M. M. - DELİKANLI, K. (2006, Nisan 28). *TİMAK Kongresi*. Kasım 28, 2017 tarihinde Balıkesir üniversitesi: <http://timak.balikesir.edu.tr/pdf/%20194.pdf> adresinden alındı

BEAMAN, Joseph J. (1997, Mart). Rapid Prototyping in Europe and Japan. Baltimore, Maryland , Amerika Birleşik Devletleri: Rapid Prototyping Association of the Society of Manufacturing Engineers.

İNTERNET KAYNAKLARI

Large Format 3D Printer at UC Berkeley printFARM. (2016). Şubat 3, 2018 tarihinde Erectorbot : <http://www.erecortbot.com/portfolio/erecortbot-uc-berkeley-printfarm/> adresinden alındı

3D Printed Ceramics – Olivier van Herpt. (2015, Ağustos 27). Ocak 29, 2018 tarihinde Rhine Capital Partners: <http://www.rhinecapital.com/3d-printed-ceramics-l-olivier-van-herpt/> adresinden alındı

Adam Nathaniel Furman. (2018). Şubat 14, 2018 tarihinde Adam Nathaniel Furman: http://www.adamnathanielfurman.com/information.php?info_id=1 adresinden alındı

Adaptive Manufacturing. (2014). Ocak 30, 2018 tarihinde Olivier van Herpt: <http://oliviervanherpt.com/adaptive-manufacturing/> adresinden alındı

- Andrews, K. (2013, Eylül 21). *Identity Parade by Adam Nathaniel Furman*. Şubat 14, 2018 tarihinde dezeen: <https://www.dezeen.com/2013/09/21/identity-parade-by-adam-nathaniel-furman/> adresinden alındı
- Arcanum*. (2017). Ocak 30, 2018 tarihinde Olivier van Herpt: <http://oliviervanherpt.com/3d-printing-porcelain/> adresinden alındı
- Bad Ombres v.1*. (2017). Şubat 8, 2018 tarihinde Emerging Objects: <http://www.emergingobjects.com/project/bad-ombres-v-1/> adresinden alındı
- BigDeltaWASP 12m*. (tarih yok). Mart 7, 2018 tarihinde WASP - World Advanced Saving Project: <http://www.wasproject.it/w/en/3d-printing/bigdeltawasp-12m/> adresinden alındı
- Bilim, Bilgi, Süje ve Obje nedir?* (2010, Temmuz 2010). Mayıs 30, 2019 tarihinde ne nedir: <https://nenedir.com.tr/bilim-bilgi-suje-ve-obje-nedir/> adresinden alındı
- Building Bytes*. (2013). Mart 3, 2018 tarihinde Data Clay: <http://www.data-clay.org/projects/Building%20Bytes/index.html> adresinden alındı
- Cool Brick*. (2015). Şubat 11, 2018 tarihinde Emerging Objects: <http://www.emergingobjects.com/project/cool-brick/> adresinden alındı
- Emre Can contemporary ceramic art*. (tarih yok). Haziran 10, 2019 tarihinde Emre Can contemporary ceramic art: <https://www.emrecanceramic.com/about> adresinden alındı
- Fotopolimerler*. (tarih yok). Aralık 5, 2017 tarihinde TurkCadCam.net: <http://www.turkcadcam.net/rapor/otoinsa/fotopolimer.html> adresinden alındı
- Fratello, R. S. (2018). *RONALD RAEL*. Şubat 3, 2018 tarihinde RAEL SAN FRATELLO: http://www.rael-sanfratello.com/?page_id=11 adresinden alındı

Functional 3D Printed Ceramics. (2012). ocak 29, 2018 tarihinde Olivier van Herpt: <http://oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/> adresinden alındı

Joan and Jack Hardie. (2017, Mart 17). Ocak 27, 2018 tarihinde StudioPottery.co.uk: http://www.studiopottery.co.uk/profile/Joan_and_Jack/Hardie adresinden alındı

Jonathan Keep. (tarih yok). Ocak 23, 2018 tarihinde Jonathan Keep: http://www.keep-art.co.uk/resume_cv.htm adresinden alındı

Mass Production With LUTUM 3D Clay Printers. (2018, Ocak 5). Ocak 29, 2018 tarihinde 3D CLAY PRINTING: <https://3dclayprinting.com/mass-production-with-lutum-3d-clay-printers/> adresinden alındı

Our 3D Printed Design & Material Innovations. (2018). Şubat 5, 2018 tarihinde Emerging Objects: <http://www.emergingobjects.com/portfolio/> adresinden alındı

Özgündoğdu, A. F. (tarih yok). *SERAMİK ÜRETİMİNDE ÇAĞDAŞ BİR BİÇİMLENDİRME YÖNTEMİ OLARAK ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR.* Kasım 15, 2017 tarihinde wordpress: <https://feyzaceramics.files.wordpress.com/2014/10/a-feyza-c3b6zgc3bcndoc49fdu-tam-metin.pdf> adresinden alındı

Pioneering research on three-dimensional printing. (2014). Kasım 8, 2017 tarihinde The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE): https://www.ieice.org/eng/about_ieice/new_honorary_members_award_winners/2014/gyouseki_06e.html adresinden alındı

Potterbot XLS-1. (2017). Şubat 3, 2018 tarihinde Emerging Objects: <http://www.emergingobjects.com/project/potterbot-xls-1/> adresinden alındı

Ronald Rael. (tarih yok). Şubat 2, 2018 tarihinde UC BERKELEY ENVIRONMENTAL DESIGN: <https://ced.berkeley.edu/ced/faculty-staff/ronald-rael> adresinden alındı

Seed Stitch. (2016). Şubat 8, 2018 tarihinde Emerging Objects: <http://www.emergingobjects.com/project/seed-stitch/> adresinden alındı

Shafir, T. (2010, Mart 14). *l'Artisan Électronique*. Mart 5, 2018 tarihinde UNFOLD: <http://unfold.be/pages/l-artisan-electronique> adresinden alındı

Solid Vibrations. (2015). Ocak 30, 2018 tarihinde Olivier van Herpt: <http://oliviervanherpt.com/solid-vibrations/> adresinden alındı

Sound Surface – Porcelain Vases Decorated With Sound. (2017, Haziran 1). Ocak 26, 2018 tarihinde 3D CLAY PRINTING: <https://3dclayprinting.com/sound-surface-porcelain-vases-decorated-with-sound/> adresinden alındı

Taekyeom Lee. (2015). Şubat 10, 2018 tarihinde TAEKYEOM LEE: <http://portfolio.taekyeom.com/about.html> adresinden alındı

(tarih yok). Mayıs 29, 2019 tarihinde Convert Units: <https://www.convertunits.com/from/bar/to/kg/cm2> adresinden alındı

Terimler Sözlüğü. (2018, Mart 13). Aralık 5, 2017 tarihinde Eğitimler.info: <https://www.egitimler.info/terimler-sozlugu/biyoloji-terimleri-sozlugu/biyoloji-terimi-olarak-monomer-nedir/> adresinden alındı

Tethon 3D. (tarih yok). Nisan 2, 2018 tarihinde Tethon 3D: <http://tethon3d.com/about-us/story/> adresinden alındı

Türk Dil Kurumu Sözlükleri. (tarih yok). Aralık 7, 2017 tarihinde Türk Dil Kurumu Sözlükleri: <http://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı

WASP - World Advanced Saving Project. (tarih yok). Mart 7, 2018 tarihinde WASP - World Advanced Saving Project: <http://www.wasproject.it/w/en/about-us/> adresinden alındı

Zhuang, J. (2017). *Olivier van Herpt* . Ocak 26, 2018 tarihinde Olivier van Herpt :
<http://oliviervanherpt.com/about/> adresinden alındı



ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Merve Nil KÜÇÜKERBAŞ

Doğum yeri ve yılı: İzmir, 1987

Yabancı Dil: İngilizce

Lise: 2005, Vali Nevzat Ayaz Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı)

Ön Lisans: 2006-2008, Ege Üniversitesi, Ege Meslek Yüksek Okulu, Seramik Bölümü

Lisans: 2009- 2012, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı

Yüksek Lisans: 2013-2015, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı

İŞ DENEYİMLERİ

2008, Mavi Sanat Seramik Atölyesi: Marmaris Mares Otel Seramik Pano Projesi

2012, Balçova Termal Otel Seramik Pano Projesi

2012, Uluslararası Knidos Kültür Sanat Akademisi: Bahçe Aydınlatması Üretimi

2013, Soylu Anaokulları İç Mekan Tasarımı

2014, Sadettin Tezcan Özel Eğitim Merkezi, Zihinsel Engelli Öğretmenliği

STAJLAR

2008, Mavi Sanat Seramik Atölyesi

2009, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi

2010, Çanakkale Seramik Fabrikası, Mustafa Tunçalp Sanat Atölyesi

2011, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi

KONGRE VE SEMPOZYUMLAR

2014, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Ulusal Alternatif Seramik Pişirim Çalıştayı

2016, Dokuz Eylül Üniversitesi “Göç” Temalı 2. Uluslararası Sanat ve Tasarım Kongresi

2016, Anadolu Üniversitesi 2.Uluslararası Anagama Pişirim Çalıştayı

2019, Uluslararası Knidos Kùltür Sanat Akademisi “9. Göç ve Kimlikler Sanat Festivali” Seramik Çalıştay1

SERGİLER

2009, Akdeniz Üniversitesi Sene Sonu Öğrenci Sergisi

2010, Dokuz Eylül Üniversitesi Karma Öğrenci Sergisi

2011, Dokuz Eylül Üniversitesi Karma Öğrenci Sergisi

2012, Alaçatı Genç Sanatçılar Sergisi

2012, Dokuz Eylül Üniversitesi Z raporu Sergisi

2012, Uluslararası Knidos Kùltür Sanat Akademisi Heykel Sergisi

2014, Dokuz Eylül Üniversitesi Karma Öğrenci Sergisi

2015, Buca Pembe Köşk Karma Sergi

2016, Dokuz Eylül Üniversitesi “Göç” Temalı 2. Uluslararası Sanat ve Tasarım Kongresi Karma Sergisi

2016, Anadolu Üniversitesi 2.Uluslararası Anagama Pişirim Çalıştay1 Karma Sergisi

2017, Kırmızı Sanat Galerisi 3. Genç Sanat Günleri Karma Sergisi

2018, Ahmet Adnan Saygun Sanat Merkezi, İzmir Dünya Sanat Günü Uluslararası Katılımlı Disiplinler Arası Karma Sergi

YARIŞMALAR

2012, Altın Testi Seramik Yarışması Sergileme

2012, Sendeki Eskişehir Yarışması Sergileme

2014, Uşak Karo Yarışması Sergileme

2015, 6. Ege Art Genç Sanat Yarışması Sergileme

2015, Gizem Frit Seramik Yarışması Sergileme

2016, İzmir Rotary Kulübü 14. Altın Testi Seramik Yarışması Sergileme

ATÖLYE ÇALIŞMALARI

2016, Piri Reis Okulları 2. PiriSanat Günleri Seramik Atölye Çalışması

SERTİFİKA BİLGİSİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakùltesi: Pedagojik Formasyon Sertifikası