

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL VE MODA TASARIMI ANASANAT DALI
Yüksek Lisans Tezi

**ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN KUYUMCULUK ALANINDA KULLANIMININ
İNCELENMESİ**

Hazırlayan
Güneş MUTLU

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Öznur ENES

İzmir/ 2020

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi “Üç Boyutlu Yazıcıların Kuyumculuk Alanında Kullanımının İncelenmesi” olarak sunduğum çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

15/06/2020

Güneş MUTLU

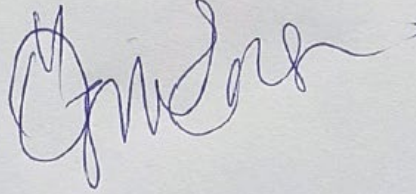
TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün 02 / 07 /2020 tarih ve 16 sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 9 maddesine göre Tekstil ve Moda Tasarımı Yüksek Lisans öğrencisi Güneş Mutlu'nun "Üç Boyutlu Yazıcıların Kuyumculuk Alanında Kullanımının İncelenmesi" konulu tezi incelenmiş ve aday 10 / 07 / 2020 tarihinde, saat 15:00'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

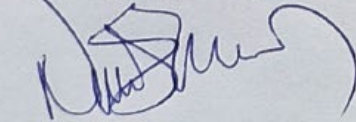
Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra 185 dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan ana sanat dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin Başarılı olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

BAŞKAN

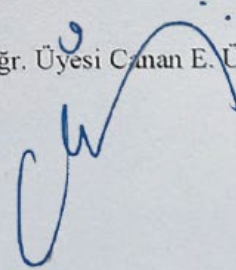
Dr. Öğr. Üyesi Öznur ENES

**ÜYE**

Dr. Öğr. Üyesi Neşem E. AYATA

**ÜYE**

Dr. Öğr. Üyesi Canan E. ÜNLÜ



ÖZET

Her sektörün olduğu gibi kuyumculuk sektörü de, gelişen teknoloji ile paralel olarak yeni üretim ve tasarım tekniklerine adapte olmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) teknolojisinin kuyumculuk alanında kullanılması ile hem tasarım hem de üretim süreci kolaylaşmıştır.

Üç boyutlu yazıcılar bu teknolojinin en son ürünüdür ve bu teknolojinin kullanımı günümüzde oldukça yaygın hale gelmeye başlamıştır. Çoğunlukla mühendislik alanında kullanılmak için tasarlanmış bu dijital teknoloji, mücevher üretimi kadar mücevher tasarım dilinde de değişikliklere neden olmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar, bir hacme sahip olan her tür dijital modelin üretimine olanak sağlayarak, daha önce üretimi mümkün olamayan birçok dijital nesnenin üretimini sağlamıştır.

Üç boyutlu baskı mücevher üretim, tasarım sürecini hızlandırmış, yeni trend dijital tasarım biçimleri sağlamıştır. Buna ek olarak geleneksel yöntemlerle üretilebilene kıyasla daha hafif ve küçük modellerin seri üretimini mümkün hale getiren 3b baskı, mücevher ve takı tasarımı alanında standart olarak kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Dijital tasarımın her zamankinden daha verimli kullanılmasını sağlayan bu teknoloji, geleneksel yöntemlerin kısmen yerini almaya başlamıştır. 3b baskı ve dijital teknolojinin gelecekte takı ve mücevher alanında hem tasarım, hem de üretim için en çok tercih edilen yöntem haline gelmesi öngörülmektedir.

Bu tezin amacı 3b baskı teknolojisinin kuyum alanına adaptasyonu ve bu alanda mevcut kullanımı hakkında detaylı bilgi içeren, bu konu ile ilgilenen öğrencilerin bilgi edinmesine yardımcı olabilecek Türkçe bir yazılı kaynak oluşturmaktır.

ABSTRACT

As with every sector, the jewellery sector is adapting to new production and design techniques in parallel with the developing technology. With the use of computer aided design (CAD) and Computer Aided Manufacturing (CAM) technology in the field of jewelry, both the design and production process has become easier.

Three-dimensional printers are the latest product of this technology and the use of this technology has become quite common today. This digital technology, designed mostly for use in engineering, has caused changes in the language of jewellery design as well as jewellery production. Three-dimensional printers made production of any digital model with a volume possible, there for have enabled the production of many digital objects that were not previously possible to produce.

Three-dimensional printed jewellery production has accelerated the design process, providing new trend forms of digital design. In addition, 3d printing made it possible to mass produce lighter and smaller models compared to ones made with traditional methods and has become a standard method in the field of jewelry and jewelry design. This technology, which allows digital design to be used more efficiently than ever, has begun to partially replace traditional methods. 3D printing and digital technology are expected to become the most preferred method for both design and production in the jewelry field in the future.

The aim of this thesis is to create a written source in Turkish which contains detailed information about the adaptation of 3d printing technology to the jewelry field and its current use in this field, that can help students who are interested in this subject,.

ÖNSÖZ

Dijital teknoloji hızla hayatın her alanında yayılmaya devam ederken takı ve mücevher tasarımının alanında da değişimlere neden olmaktadır. Bilgisayar destekli üretim mücevher alanında kullanılabilir bir teknoloji haline geldiğinden beri, dijital tasarım araçları mücevher ve takı tasarımında yaygın olarak kabul gören bir tasarım ve üretim tekniği haline gelmiştir.

İlk başta tasarım ön izleme ve sunum amaçlı olarak kullanılan dijital teknoloji, CNC bilgisayar destekli üretim tekniğinin gelişmesi ile tasarım ve üretim arasındaki mesafeyi kapatmaya başlamıştır. Geleneksel yöntemlerle izlenen tasarım ve üretim sürecinde, tasarımın son ürün halini alırken geçirdiği değişim, dijital tasarımın ve üretim sayesinde oldukça azalmıştır. Bilgisayar destekli üretim, üretim aşamasındaki insan faktörünü minimuma indirerek bu süreçteki sürprizleri ortadan kaldırırken, 3b dijital tasarım da tasarımcının 2b çizimleri 3b modele dönüştürme sürecinde yaptığı hata ve değişimleri azaltmıştır. Dijital 3b tasarım ve üretim arasında bir çok aşama olmamasından dolayı, tasarlanan ürün ve son ürün arasındaki fark oldukça azdır. Bu tasarım-üretim süreci kolaylığı yanı sıra, üretim sırasındaki yetenekli iş gücünün de çoğunlukla bilgisayar teknolojisi tarafından karşılanması nedeni ile, dijital teknoloji mücevher seri üretiminde geleneksel yöntemlerin kısmen yerini almaya başlamıştır.

Dijital teknolojinin en son ürünü olan üçboyutlu yazıcılar tasarım ve üretim alanındaki bu dönüşümü hızlandırmıştır. Üç boyutlu yazıcıların kullanımı ile bir çok değişik dijital tasarım tekniğinin takı ve mücevher üretiminde uygulanması mümkündür. 3b baskı ortaya çıkmadan önce CNC ve benzeri dijital teknolojiler ile üretimi mümkün olmayan bir çok karmaşık modelin üretimi 3b yazıcılar ile gerçekleştirilebilmektedir. Araçların nitelikleri ile kısıtlanan tasarım, bu teknolojinin getirdiği özgürlük sayesinde her zamankinden daha karmaşık modellerin ortaya çıkmasını sağlamış ve birtakım yeni dijital tasarım tekniklerinin takı tasarımında kullanımını yaygınlaştırmaya başlamıştır.

Bu tez çalışması, dijital tasarımın ve özellikle 3b yazıcı teknolojisinin kuyumculuk sektörüne adaptasyonu ve bu alanda mevcut kullanımı hakkında bilgiler

içermesi yanı sıra, takı tasarımındaki örnekler üzerinden dijital teknolojinin tasarım diline etkilerini de okuyucuya sunmaktadır. Kuyum sektörüne özgü tasarımları 3b yazıcı teknolojileri ile birlikte sunabilen, bu yapısıyla teknik açıdan detaylı bilgi içeren çalışma, konu ile ilgilenen araştırmacılar için Türkçe bir kaynak niteliği taşımaktadır.

Ön araştırma sonucu üç boyutlu yazıcıların kuyumculuk alanında kullanımı ile doğrudan ilgili sınırlı Türkçe yazılı kaynak bulunduğu ve bu kaynakların da çoğunun yüzeysel bilgiler içerdiği tespit edilmiştir. Çoğunlukla bu konu ile ilgili bilgileri kısmen içeren veya dolaylı olarak kullanım imkanlarına değinen, 3b baskı teknolojisi ve CAD programları ile ilgili, yabancı dilde, teknik kitaplar mevcuttur. Sayılı birkaç arşive ait olmakla beraber, bu dijital teknolojinin mücevher alanında kullanımını ele alan İngilizce yazılı kaynaklar da mevcuttur. Bu yüzden söz konusu araştırma çoğunlukla yabancı kaynakları temel almaktadır. Bu kaynaklar saha araştırmalarına dayanan makalelere, teknik kitaplara ve bu teknolojiyi kullanan firmaların/sanatçıların uygulamalarına dayanmaktadır.

Tez danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Öznur Enes, lisans eğitimimde dijital araçları, üç boyutlu dijital tasarımın temellerini öğrenmemi ve sanat alanında dijital medya kullanımına ilgi duymamı sağlayan kişidir. Özellikle tez yazım aşamasında devamlı benden en iyisini bekleyen ve sürekli daha iyisini yapabileceğim konusunda beni cesaretlendiren değerli hocam ve tez danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Öznur Enes'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca bana sabırlı bir şekilde maddi ve manevi destek oldukları, dolayısıyla bu tezi yazmamı mümkün kıldıkları için annem Süheyla Mutlu ve babam Salih Mutlu'ya teşekkür ederim. Ayrıca kaynak bulma aşamasında alternatif internet kitap arşivlerini bulmamda yardımcı olan ve tezden bağımsız olarak birçok konuda bir akıl hocası olarak kabul ettiğim dayım Dr.Öğr.Üyesi Naci Sevkâl'a da ayrıca teşekkür ederim.

Güneş Mutlu

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	ii
TUTANAK.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xvi
KISALTMALAR.....	xvi
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

3B DİJİTAL TASARIM VE KUYUMCULUK ALANINDA KULLANIMI

1.1 3B Dijital Tasarıma Genel Bakış.....	3
1.2 3B Dijital Tasarımda Uygulanan Teknikler.....	5
1.2.1 Sınır Gösterme (Boundry Representation).....	6
1.2.2 Yapıcı Katı Geometri (Constructive Solid Geometry).....	7
1.2.3 Örtük Yüzey Modelleme (Implicit Surface Modelling).....	8
1.2.4 3B Dijital Parametrik Modelleme.....	9
1.3 3B Dijital Tasarımın Kuyumculuk Alanında Kullanımı.....	12
1.3.1 Takı ve Mücevher Tasarımı İçin Hazırlanmış Ek Programlar.....	13
1.3.2 Dijital Heykel Programlarının Takı ve Mücevher Alanında Kullanımı...16	
1.3.3 Parametrik Tasarımın Mücevher ve Takı Alanında Kullanımı.....	18
1.3.4 Jeneratif Yazılımların Takı ve Mücevher Alanında Kullanımı.....	21
1.4 3B Dijital Tasarımda Kullanılan Tarayıcılar ve Kuyum Sektöründe Kullanımı.....	23
1.4.1 3B Dijital Tarayıcılar ve Kullanım Alanları.....	24
1.4.2 3B Dijital Tarayıcıların Takı ve Mücevher Tasarımı ve Üretimine	

Katkıları.....	25
----------------	----

2. BÖLÜM

3B YAZICI TEKNOLOJİSİ VE KUYUMCULUK ALANINDA KULLANIMI

2.1 3B Yazıcı Teknolojisine Genel Bir Bakış.....	30
2.2 3B Yazıcılar ile Üretim Süreci.....	33
2.3 3B Yazıcılarda Kullanılan Malzemeler.....	35
2.3.1 Yapay Reçineler ve Plastik Malzemeler.....	35
2.3.2 Metal Malzemeler.....	37
2.3.3 Kompozit Malzemeler	39
2.3.4 Diğer Malzemeler.....	40
2.4 Çalışma Prensiplerine Göre 3B Yazıcı Teknolojileri ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı.....	41
2.4.1 Fotopolimerizasyon (Vat Photopolimerisation) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı.....	43
2.4.2 Malzeme Yığılma (Material Extrusion) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı.....	48
2.4.3 Toz Yatak Füzyon (Powder Bed Fusion) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı.....	55
2.4.4 Yapıştırıcı Püskürtme (Binder Jetting) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı.....	63
2.4.5 Tabaka Laminasyon İşlemi (Sheet Lamination Process) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı	67
2.4.6 Malzeme Püskürtme (Material Jetting) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı.....	70
2.4.7 Doğrudan Enerji Birikimi (Direct Energy Deposition) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı.....	73
2.5 3B Yazıcı Teknolojisinin Kuyum Sektörüne Katkıları	75

2.6 Kuyum Alanında 3B Dijital Tasarım ve 3B Yazıcı Kullanımına Örnek Firmalar, Sanatçılar ve Ürünler	78
2.6.1 Ador	79
2.6.2 Francofontana	81
2.6.3 Boltensstern	82
2.6.4 Nervous System	84
2.6.5 Nuovi Gioielli	87
2.6.6 Johan Andersson	89
2.6.7 Jack Row	91
2.6.8 DR. Lionel Theodor Dean	93

3. BÖLÜM

TEZ KAPSAMINDA KOLEKSİYON HAZIRLAMA

3.1 Koleksiyonların Çıkış Noktaları	95
3.2 Koleksiyonların Tasarım ve Modelleme Süreci	99
3.2.1 Koleksiyon 1: Tasarım ve Modelleme Süreci.....	104
3.2.2 Koleksiyon 2: Tasarım ve Modelleme Süreci.....	110
3.2.3 Koleksiyon 3: Tasarım ve Modelleme Süreci	115
3.3 Tez Kapsamında Hazırlanan Koleksiyonların Üretimi	119
3.4 Tez Kapsamında Hazırlanan Koleksiyonların Sunumu.....	132
3.4.1 Tasarım 1.....	133
3.4.2 Tasarım 2.....	135
3.4.3 Tasarım 3.....	137
3.4.4 Tasarım 4.....	139
3.4.5 Tasarım 5.....	141
3.4.6 Tasarım 6.....	143
3.4.7 Tasarım 7.....	145
3.4.8 Tasarım 8.....	147
3.4.9 Tasarım 9.....	149

SONUÇ	151
KAYNAKÇA	153

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: İlk interaktif CAD sistemi DAC-1, 1959; NURBS (solda) yüzey (sağda).....	4
Şekil 2: B-rep bir şeklin yüzey açılımı.....	6
Şekil 3: CSG tasarım süreci.....	7
Şekil 4: ISM yöntemi kullanılarak model hazırlama süreci.....	8
Şekil 5: Maya programı ile parametrik tasarım süreci.....	10
Şekil 6: Grasshopper programı ile parametrik modelleme.....	11
Şekil 7: Standart 3b tasarım yöntemleri ile modellenmiş bir mücevher tasarımı.....	12
Şekil 8: Çeşitli değerli taş modelleri.....	14
Şekil 9: Sanal araçlarla taş yuvalarının ayarlanması.....	14
Şekil 10: Brazil isimli Rhino 3d add-on render programı ile oluşturulmuş bir görüntü.....	15
Şekil 11: Zbrush programı ve dijital ekran tablet kullanılarak yüzey düzenleme süreci.....	16
Şekil 12: Dijital heykel yöntemi ile modellenmiş bir yüzük.....	17
Şekil 13: Parametrik modelleme yöntemiyle oluşturulmuş bir yüzük tasarımı.....	18
Şekil 14: 3b baskı ile üretilmiş bir parametrik tasarım kolye.....	19
Şekil 15: Grasshopper kullanılarak parametrik yüzük tasarım süreci.....	20
Şekil 16: Bitki dal yapısını taklit eden bir yazılım ile tasarlanmış kolye modeli.....	21
Şekil 17: Mandelbrot algoritmasının 3b uygulanması ile modellenmiş ve 3b baskı ile üretilmiş kolye ucu.....	22
Şekil 18: Lazer ile 3B nesnenin dijital ortama aktarılması.....	23
Şekil 19: Tarihi restorasyonda 3b tarayıcı kullanımı.....	25
Şekil 20: Reverse engineering yönteminden faydalanarak PBF ile üretilmiş bir takı....	26
Şekil 21: 3b tarayıcı kullanılarak alınan bir yüzey formunun takı tasarımında kullanımı.....	27

Şekil 22: 3b tarayıcı kullanılarak üretilmiş bir tasarım.....	28
Şekil 23: 3b tarayıcı kullanılarak tasarlanmış ve üretilmiş takı örnekleri.....	29
Şekil 24: 3d systems SLA 1 yazıcı.....	32
Şekil 25: Genel 3b baskı süreci.....	34
Şekil 26: Kullanım aşamasında fotopolimer malzeme.....	36
Şekil 27: Termoplastik filamentler.....	37
Şekil 28: Çoklu elemanlı metal malzeme illüstrasyonu.....	37
Şekil 29: Metal filament (solda) ve metal toz (sağda).....	38
Şekil 30: Kompozit malzeme kullanılarak oluşturulmuş 3b baskı örneği.....	39
Şekil 31: 3b baskıda beton kullanımı.....	40
Şekil 32: SLA üretim süreci.....	43
Şekil 33: DLP üretim süreci.....	44
Şekil 34: DLP üretim süreci.....	45
Şekil 35: VP teknolojileri ile üretilmiş modeller.....	46
Şekil 36: DLP tipi bir yazıcı ile üretilmiş mum kalıp.....	47
Şekil 37: VP yazıcılarla üretilmiş döküm amaçlı modeller.....	48
Şekil 38: EYM çalışma prensibi.....	49
Şekil 39: EYM termoplastik obje üretim süreci.....	50
Şekil 40: Cam ürün hazırlayan bir EYM yazıcı.....	51
Şekil 41: EYM ile seramik üretim (solda) ve yiyecek üretimi (sağda).....	51
Şekil 42: EYM yazıcı ile mum kalıp hazırlama süreci.....	52
Şekil 43: Kompozit metal filament ile üretilmiş büstler.....	53
Şekil 44: PMC kullanan bir EYM yazıcı ile oluşturulmuş metal obje.....	54
Şekil 45: SLS yazıcı sistemi.....	55
Şekil 46: SLS baskı üretim süreci.....	56
Şekil 47: TYF ile üretilmiş bir objenin üretim tablasından alınması.....	56
Şekil 48: DMLS üretim süreci.....	57
Şekil 49: SLE ile üretilmiş bir ürün.....	58
Şekil 50: EDE yazıcı kesiti (solda) ve üretim işlemi şeması (sağda).....	59
Şekil 51: EDE ile üretilmiş protez parçaları.....	60
Şekil 52: Özel bir SLE yazıcı ile üretilmiş model.....	61

Şekil 53: TYF 3b doğrudan metal baskı tekniği ile üretilmiş takılar.....	62
Şekil 54: YP yazıcı çalışma prensibi.....	63
Şekil 55: BJ yazıcı ile oluşturulmuş "3d selfie" ler.....	64
Şekil 56: YP ile üretilmiş döküm kalıbı (solda) ve kullanılan BJ yazıcı (sağda).....	65
Şekil 57: BJ kullanılarak doğrudan üretilmiş metal takılar.....	66
Şekil 58: TLİ yazıcı çalışma prensibi.....	67
Şekil 59: TLİ 3b yazıcı ile kağıt malzemeden oluşturulmuş bir 3b harita.....	68
Şekil 60: TLİ yazıcı kullanılarak üretilmiş bir model.....	68
Şekil 61: TLİ yazıcı kullanılarak üretilmiş bir kağıt takı.....	69
Şekil 62: MP yazıcı çalışma prensibi.....	70
Şekil 63: PJ üretim illüstrasyonu (solda) ve PJ ile üretilmiş bir elektronik paneli (sağda).....	71
Şekil 64: MP ile oluşturulmuş çeşitli mum kalıp modelleri.....	72
Şekil 65: MP ile oluşturulmuş mum kalıp yüzük modelleri.....	73
Şekil 66: DED yazıcı çalışma prensibi.....	74
Şekil 67: DED üretim süreci.....	74
Şekil 68: 3b baskı destekli döküm yöntemi ile üretilmiş Ador / 2018 Koleksiyonuna ait yüzükler.....	78
Şekil 69: 3b baskı destekli döküm yöntemi ile üretilmiş Ador / 2018 Koleksiyonuna ait yüzükler.....	79
Şekil 70: 3b baskı destekli döküm yöntemi ile üretilmiş Ador Arya Koleksiyonuna ait Pandantifler.....	79
Şekil 71: Francofontana tarafından 3b yazıcı destekli döküm ile üretilmiş Art Nouveau tarzı bir küpe.....	80
Şekil 72: Francofontana tarafından 3b yazıcı destekli döküm ile üretilmiş Art Nouveau tarzı yüzükler.....	81
Şekil 73: Resonance Koleksiyonuna ait bir modüler bileklik.....	82
Şekil 74: Modüler parçaların 3b yazıcı baskı tablasından alınması.....	82
Şekil 75: Embrace Koleksiyonuna ait modüler bileklik.....	83
Şekil 76: Nervous System tarafından 3b baskı ile naylon malzemeden üretilmiş Hyphae temalı naylon küpeler.....	84

Şekil 77: Nervous System tarafından 3b baskı destekli kayıp mum yöntemiyle üretilmiş Hyphae temalı gümüş yüzük.....	84
Şekil 78: Nervous System tarafından 3b baskı destekli yöntemle üretilmiş Floraform temalı gümüş pendentif.....	85
Şekil 79: Nervous System tarafından üretilmiş Tetra Kinematics isimli modüler kolye	85
Şekil 80: Nuovi Gioielli tarafından SLM 3b yazıcı ile beyaz altından üretilmiş modüler bileklik.....	86
Şekil 81: Nuovi Gioielli tarafından SLM 3b yazıcı ile gümüşten üretilmiş modüler takı	87
Şekil 82: Nuovi Gioielli tarafından SLM 3b yazıcı ile beyaz altından üretilmiş modüler saat.....	87
Şekil 83: Johan Andersson tarafından tasarlanmış bir 3b fraktal yüzük.....	88
Şekil 84: Johan Andersson tarafından tasarlanmış 3b fraktal yüzükler.....	89
Şekil 85: Johan Andersson tarafından tasarlanmış bir 3b fraktal kolye ucu.....	89
Şekil 86: Jaali Koleksiyonuna ait bir kalem.....	90
Şekil 87: Jaali Koleksiyonuna ait kol düğmeleri.....	91
Şekil 88: Architect Koleksiyonuna ait bir kalem.....	91
Şekil 89: Architect Koleksiyonuna ait kol düğmeleri.....	91
Şekil 90: 3b doğrudan metal baskı ile üretilmiş Due Couri Koleksiyonuna ait pendentif.....	92
Şekil 91: 3b doğrudan metal baskı ile üretilmiş Orbis Koleksiyonuna ait yüzükler.....	93
Şekil 92: 3b tarayıcı ve 3b doğrudan metal baskı ile üretilmiş Collect Koleksiyonuna ait bir bileklik.....	93
Şekil 93: Rüzgar koleksiyonu imaj paftası.....	95
Şekil 94: Toprak koleksiyonu imaj paftası.....	96
Şekil 95: Deniz koleksiyonu imaj paftası.....	97
Şekil 96: Zbrush ile modellenen mesh objenin az poligonlu NURBS yüzeye çevrilmesi.....	100
Şekil 97: Hazırlanmış NURBS yüzey üzerinde parametrik tasarımın denenmesi.....	101
Şekil 98: Mandelbulb3d programı ile oluşturulmuş 3b fraktal.....	102

Şekil 99: 3b fraktalın mesh objeye çevrilmesi ve sadeleştirilmesi.....	103
Şekil 100: 3b fraktaldan tasarım ögesi olarak alınan ve sadeleştirilen parçalar.....	103
Şekil 101: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci.....	105
Şekil 102: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci.....	106
Şekil 103: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci.....	107
Şekil 104: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci.....	108
Şekil 105: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci.....	109
Şekil 106: Toprak koleksiyonu modelleme görüntüleri.....	111
Şekil 107: Toprak koleksiyonu modelleme görüntüleri.....	112
Şekil 108: Toprak koleksiyonu modelleme görüntüleri.....	113
Şekil 109: Toprak koleksiyonu modelleme görüntüleri.....	114
Şekil 110: Deniz koleksiyonu modelleme süreci görüntüleri.....	116
Şekil 111: Deniz koleksiyonu modelleme süreci görüntüleri.....	117
Şekil 112: Deniz koleksiyonu modelleme süreci görüntüleri.....	118
Şekil 113: SLA 3b baskı aşamasında slicer ekran görüntüleri.....	119
Şekil 114: SLA 3b baskı aşamasında slicer ekran görüntüleri.....	120
Şekil 115: Anycubic Photon SLA 3b yazıcı temsili resmi.....	121
Şekil 116: Anycubic Photon SLA 3b yazıcının baskıya hazırlanma süreci temsili resmi.....	122
Şekil 117: Anycubic Photon SLA 3b yazıcının baskıya hazırlanma süreci temsili resmi.....	122
Şekil 118: Anycubic Photon SLA 3b yazıcı fotopolimerizasyon işlemi temsili resmi.....	123
Şekil 119: Anycubic Photon SLA 3b yazıcı 3b baskı süreci temsili resmi.....	123
Şekil 120: Rüzgar koleksiyonu yüzük SLA 3b çıktısı.....	124
Şekil 121: Toprak koleksiyonu pandantif SLA 3b çıktısı.....	125
Şekil 122: Deniz koleksiyonu küpe SLA 3b çıktısı.....	126
Şekil 123: Fotopolimer çıktıların kürlleme işleminde kullanılmış UV cihazı.....	127
Şekil 124: Anycubic Photon 3b yazıcı kullanılarak SLA baskı ile üretilmiş, fotopolimer döküm reçinesi çıktıların tümü.....	128
Şekil 125: Dökümden alınmış ürünler.....	129
Şekil 126: Perçin ve kolye kayışı aparatlarının takılması.....	130

Şekil 127: Üretimi tamamlanmış ürünler.....	131
Şekil 128: Rüzgar koleksiyonu yüzük artistik çizim sunum paftası.....	133
Şekil 129: Rüzgar koleksiyonu yüzük teknik çizim (Ölçek 2/1).....	134
Şekil 130: Rüzgar koleksiyonu bileklik artistik çizim sunum paftası.....	135
Şekil 131: Rüzgar koleksiyonu bileklik teknik çizim (Ölçek 1/2).....	136
Şekil 132: Rüzgar koleksiyonu küpe artistik çizim sunum paftası.....	137
Şekil 133: Rüzgar koleksiyonu küpe teknik çizim (Ölçek 1/1).....	138
Şekil 134: Toprak koleksiyonu kol düğmesi artistik çizim sunum paftası.....	139
Şekil 135: Toprak koleksiyonu kol düğmesi teknik çizim (Ölçek 1/1).....	140
Şekil 136: Toprak koleksiyonu kravat iğnesi artistik çizim sunum paftası.....	141
Şekil 137: Toprak koleksiyonu kravat iğnesi teknik çizim (ölçek 1/1).....	142
Şekil 138: Toprak koleksiyonu pandantif artistik çizim sunum paftası.....	143
Şekil 139: Toprak koleksiyonu pandantif teknik çizim (Ölçek 1/1).....	144
Şekil 140: Deniz koleksiyonu broş artistik çizim sunum paftası.....	145
Şekil 141: Deniz koleksiyonu broş teknik çizim (Ölçek 1/1).....	146
Şekil 142: Deniz koleksiyonu saç iğnesi artistik çizim sunum paftası.....	147
Şekil 143: Deniz koleksiyonu saç iğnesi teknik çizim (Ölçek1/1).....	148
Şekil 144: Deniz koleksiyonu küpe artistik çizim sunum paftası.....	149
Şekil 145: Deniz koleksiyonu küpe teknik çizim (Ölçek 2/1).....	150

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: 3b baskı aşamaları.....	33
Tablo 2: 3b yazıcı türleri ve kullanıla bilen malzemelerin şablonu.....	35
Tablo 3: 3b yazıcı çeşitlerinin şeması.....	42

KISALTMALAR

2B: İki Boyutlu

3B: Üç Boyutlu

AM: Additive Manufacturing

B-Rep: Boundry Representation
BJ: Binder Jetting
CAD: Computer Aided Design
CAM: Computer Aided Manufacturing
Corp.: Corperation
CSG: Constructive Solid Geometry
CNC: Computer Numerical Control
CDLP: Continuous Digital Light Projection
CLIP: Continuous Liquid Interface Production
DED: Direct Energy Deposition
DLP: Direct Light Processing
DMLS: Direct Metal Laser Sintering
EBM: Electron Beam Melting
FDM: Fused Deposition Modelling
LOM: Laminated Object Manufacturing
MJ: Meterial Jetting
NJ: Nano Jet
NURBS: Non Uniform Rational B-splines
PBF: Powder Bed Fusion
PJ: Polijet
RP: Rapid Prototyping
RM: Rapid Manufacturing
STL.: Steriolithography
SL: Steriolithography
SLA: Steriolithography Aparatus
SLM: Selective Laser Melting
SLP: Sheet Lamination Process
SLS: Selective Laser Sintering
ISM: Implicit Surface Modelling
UV: Ultra Violet
VP: Vat Photopolimerization

GİRİŞ

Teknoloji gelişmiş toplumları hem daha ileri götüren hem de aynı zamanda krizlere sürükleyen, yapıcı ve yıkıcı bir etkiye sahiptir. Yeni üretim araçlarının keşfedilmesi, kaynakların daha etkili kullanılması ve üretimin daha verimli hale gelmesini sağlamakla beraber, mevcut üretim biçimlerinin ve mesleklerinde gereksiz hale gelmesine veya azalmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak teknoloji insanlığa uzun vadede ekonomik ve bilimsel fayda sağlamakla beraber, kısa vadede sosyal ve ekonomik negatif sonuçlar doğurmaktadır. Bu trend ilk defa birinci sanayi devrimi ile küresel çapta kesin bir şekilde gözlemlenmiştir. Buharlı makineler birçok insanı zor fiziksel çalışma koşullarından kurtarıırken biryandan da bu insanların birçoğunu işsiz bırakmıştır.

Ancak teknolojik gelişimin etkilerini hisseden sadece sanayi ve maden işçileri değildir. Birinci Sanayi Devrimi ile tetiklenen gelişme bilimi de ileri götürerek yeni sanat dallarının ortaya çıkmasını da sağlamıştır. Teknolojik gelişmenin etkisine maruz kalarak değişime giren ilk sanat dalı, fotoğrafçılığın ortaya çıkması ile resim olmuştur. Geleneksel yöntemlerle tamamen insan el becerisi ile gerçekleştirilen bu sanat, fotoğrafın gelmesi ile de daha az talep edilir hale gelmiştir. Önceden resim sanatının kullanıldığı portre, doğa, mimari, bilimsel buluntular ve tarihi belgeleme amaçlı resimler gibi birçok iş için fotoğrafçılık tercih edilir hale gelmiştir. Bu durum resim sanatının biçimlenerek farklı dallar oluşturmaya ve ticari olarak belli miktarda terk edilmesine neden olmuştur.

Üç boyutlu biçimlendirme sanatları bu trende daha uzun bir süre direnmiştir. Bunun nedeni birçok teknolojik gelişmeye, çeşitli kalıp alma ve karmaşık çoğaltma tekniklerinin gelişmesine rağmen, üç boyutlu üretimleri sıfırdan otomatik olarak yapabilecek bir makinenin uzun süre keşfedilememiş olmasıdır. Birinci Sanayi Devrimi ve takip eden süreç içerisinde fotoğraf teknolojisi kullanılarak büst oluşturmaya sağlayan veya mevcut büst ve heykelleri değişik mekanik yöntemlerle çoğaltmaya çalışan bir takım teknikler ve makineler üretilmiştir. Ancak bu işlemler gereksiz karmaşık veya vakit alan süreçler olduğu ve mevcut üç boyutlu formları birebir kopyalamaktan öteye gidemediği için popüler olmamış, sonuç olarak

yaygınlaşmamıştır. Üç boyutlu biçimlendirme konusunda insan becerisini yenmeyi başaran bir makine uzunca bir süre ortaya çıkmamıştır; ta ki bilgisayar icat olana kadar.

Bilgisayar teknolojisi insan hayatına ilk dahil olduğu zamandan itibaren, insanlık köklü bir değişim sürecine girmiştir. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim; bilim, sanat, endüstriyel tasarım gibi birçok alanda insansızlaşmaya ve geleneksel yöntemlerin köhne hale gelmesine yol açmıştır. Her nasıl birinci ve ikinci sanayi devrimi insanın kas gücü ihtiyacını ciddi miktarda azalttı ise, dijitalleşme ve bilgisayar çağı da insanın beyin gücüne duyduğu ihtiyacı hafifletmiştir. İlk başta basit matematiksel işlemleri yapmakta kullanılan bilgisayar, gelişerek karmaşık denklemlerin oluşturulabildiği ve hızlı bir şekilde kullanılabildiği bir platform haline gelmiştir. Dijital platformdaki bu gelişme, günümüzde kullandığımız yazılımların temelini oluşturmuştur.

Bu yazılımlar ilk olarak rakamsal verilerin iki boyutlu görsellere dönüştürülmesini sağlamıştır ve böylece geometrik hesaplama ve çizimlerin makine yardımıyla yapılması mümkün olmuştur. Böylece bilgisayar destekli tasarım (CAD) kavramı ortaya çıkmış ve birçok mühendislik alanında kabul gören bir yöntem haline gelmiştir. Bilgisayarın sanat ve tasarım kavramını ile etkileşime girerek daha önce görülmemiş yeni bir tasarım biçiminin ortaya çıkması da bu aşamada olmuştur. Geometrik formların görsel sanatlarda kullanımı bilgisayar çağı öncesi insanlık tarihinde birçok kez görülmektedir. Ancak Mandelbrot seti gibi matematiksel bir verinin görsele dönüştürülmesi ancak bilgisayarın gelişimi ve bilgisayar kontrollü makineler ile ortaya çıkmıştır. İlk olarak yazılı metinlerin ve daha sonra da basit resimli metinlerin fiziksel çıktısının alınmasına olanak sağlamış olan bu bilgisayar kontrollü makineler, dijital baskı kavramının ortaya çıkmasını ve ticari hale gelmesine yol açmıştır. Dijital baskı prensipleri daha sonra sanayi makineleri üzerinde kullanılarak, bilgisayar destekli üretim (CAM) kavramı ortaya çıkmış ve birçok alanda kabul gören standart bir üretim tekniği haline gelmeye başlamıştır. Artık bilgisayarlar, ağır matematiksel hesaplamaları insan yerine yapmanın ötesine geçmiş, tasarımın ve üretimin de büyük miktarda insansız olarak yapılabilmesine olanak sağlamaya başlamıştır. Bu nedenle CAD/CAM teknolojisi birçok kaynak tarafından üçüncü sanayi devrimi olarak nitelendirilmektedir. "Üçüncü Endüstriyel Devrim şu anda gerçekleşmektedir" (Kocovic, 2017: 51).

1. BÖLÜM

3B DİJİTAL TASARIM VE KUYUMCULUK ALANINDA KULLANIMI

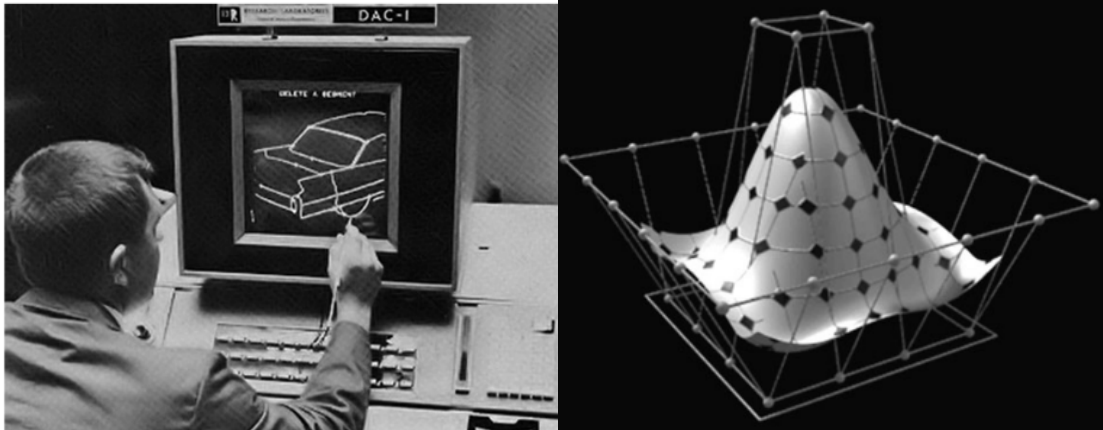
1. BÖLÜM

3B DİJİTAL TASARIM VE KUYUMCULUK ALANINDA KULLANIMI

1.1 3B Dijital Tasarıma Genel Bakış

Dijital tasarım, yazılım mühendisliğini de kapsayan çok geniş bir kavramdır. Tasarım aracı olarak dijital programlar, yazılım ve bilgisayar destekli araçların kullanılmasının tümü dijital tasarımıdır. Ancak bu yüzeysel ifade, görsel sanat alanında dijital tasarımın nasıl ve ne şekilde kullanıldığını özetlemeye yeterli değildir. Dijital görsel tasarımı tamamen kavrayabilmek için, en azından dijital ortamda geometrik tasarım yapılmasını sağlayan teknolojinin temelinden başlamak gerekmektedir.

Üç boyutlu tasarım programlarının tarihi 1950'lere dayanmaktadır. Otomotiv ve hava taşıtlarının yapımında, kesin geometrik yüzeylerin oluşturulmasını hedefleyen mühendisler, bu işi bilgisayar yardımı ile yapmak için, çeşitli yazılımlar üstünde çalışmaya başlamıştır. Başlangıçta B-spline denilen geometrik eğrilerin yapılmasını sağlayan 2b CAD programları oluşturulmuştur. Bu programlar, kontrol noktaları ve arasındaki çizgileri, B-spline denilen geometrik bir eğriye dönüştürür. Söz konusu yazılımlar gelişerek, NURBS olarak adlandırılan 3b yüzeylerin de oluşturulmasına elverişli hale gelmiştir. Bu teknoloji ilk başta sadece üç boyutlu görüntüler ve ürün tasarımlarının görsellerini oluşturmak için kullanılmıştır, bu şekilde oluşturulan tasarımlar 3b yüzeylerden oluşmaktadır ve bir hacme sahip değildir.



Şekil 1: İlk interaktif CAD sistemi DAC-1, 1959; NURBS (solda) yüzey (sağda)
(Peddie, 2013: 104-46)

Bilim insanları çeşitli objelerin 3b görüntüleri NURBS yüzeyler kullanarak oluşturmayı başarmıştır. Bunu takiben 3b dijital teknolojinin sadece sunum ve görsel tasarım yapmakla kalmayıp daha fazlasına hizmet edebileceği düşünülerek, 3b yazılımlar üzerine çalışmalar devam etmiştir.

Hacmi ve ağırlığı olan objeler tanımlayabilen programlar oluşturmak ve bu programlar sayesinde çeşitli fiziksel testlerin üretim gerçekleşmeden sanal ortamda yapılabilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, NURBS yüzeyler geometrik bir formun dış hatlarını belirleyecek şekilde birleştirilerek her yanı kapalı 3b formlar oluşturulmuş ve bu yüzeyler tarafından izole edilen sanal alana hacim değeri verebilecek yazılımlar geliştirilmiştir. Daha sonra solid olarak tabir edilecek olan bu kapalı/hacimli dijital formların ilk ortaya çıkışı 1970'lerde görülmektedir. "1970'lerin sonlarına kadar gerçekten kullanılabilir bir ürün mevcut değildi ve 1980'lerin sonlarına kadar katı modelleme ticari bir gerçek haline gelmedi"(Weisberg, 2008: 13).

Solid formlar tasarlayabilen programların geliştirilmesi ile, 3b tasarım programları aynı zamanda üretime yönelik de kullanılabilir hale gelmiştir. CAD/CAM programlar mühendislik ve inşaat gibi birçok alanda bilgisayarların kullanılmasına yönelik tüketicilerden rağbet görmeye başlamıştır. Böylece günümüzde de kullanılan Auto Cad gibi birçok 3b tasarım programı ortaya çıkmıştır. Dijital formatta görsel oluşturmaya yönelik çeşitli programlar vardır. Bu programlar kullanılarak çeşitli 2b

izimler ve tasarımlar yapılabilir ve üretime yönelik taslaklar, teknik çizimler ve şablonlar oluşturulabilir.

Gelişen dijital teknoloji, 3b görüntüler oluşturabilen programlar kullanarak, somut ürün tasarımının tamamen dijital ortamda yapılmasına olanak sağlamıştır. Bu tür 3b programlar ile teknik çizimler 3b dijital nesne haline getirilebilir, programlarda mevcut basit 3b geometrik formlar kullanarak çeşitli daha karmaşık objeler oluşturulabilir veya programların çeşitli özellikleri kombine edilerek tasarımlar yapılabilir. Bu tasarım programları geliştirilerek belli özellikleri bir arada kullanabilen ve tek bir araçla birden çok 3b form değişimini uygulayabilen programlar üretilmiştir.

Bütün bu dijital tasarım araçları matematiksel bir temel üzerine kurulmuştur, dolayısı ile bu araçlarla oluşturulan tasarımlar da temel olarak geometrik hatlara ve çoğunlukla matematiksel simetriye sahiptir. Bu yüzden de 3b dijital tasarımın, geleneksel yöntemlerle oluşturulmuş 3b tasarımlara kıyasla kendine özgü geometrik hatları ve yüzeyleri vardır. Doğal formların ve organik yüzeylerin dijital 3b tasarıma aktarılması da mümkündür. Bu iş için doğal nesnelerin ve yüzeylerin dijital görüntüsünü oluşturabilen 3b dijital tarayıcılar kullanılmaktadır.

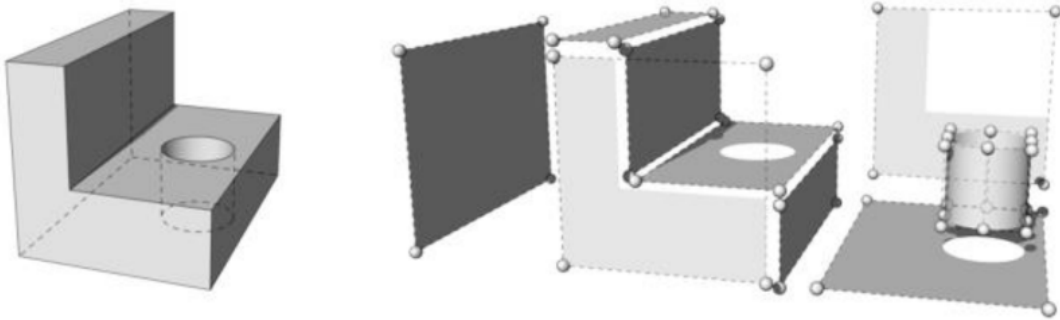
1.2 3B Dijital Tasarımda Uygulanan Teknikler

Dijital ortamda çeşitli programlar kullanarak üç boyutlu tasarımlar oluşturulabilir ve bunun için birden çok yöntem kullanılabilir. Bu yöntemler tasarlanması amaçlanan ürünün niteliklerine göre sistematik olarak veya bir arada kullanılabilir. Dijital 3b tasarım tekniklerini temel prensiplerine göre basit bir şekilde sınıflandırmak gerektiğinde, dijital tasarım sınır gösterme, yapıcı katı geometri ve örtük yüzey modelleme olarak e ayrılabilir.

1.2.1 Sınır Gösterme (Boundry Representation)

Sınır gösterme yönteminde noktalar kullanılarak çizgiler oluşturulur ve bu oluşturulan çizgilerle de yüzeyler oluşturulur. Daha sonra bu yüzeyler bir araya getirilip kapalı 3b şekiller oluşturularak modelleme tamamlanır. Bütün bu noktalar, çizgiler ve yüzeyler kapalı bir şeklin sınırlarını belirttiği için, bu modelleme yöntemi "sınır gösterme" olarak adlandırılmıştır.

"Modellemeden 3b baskıya, B-rep modeli basitçe poligonların bir araya toplanması olarak tanımlanabilir. Sınır modelcileri, model öğeleri arasındaki bağlantılar gibi diğer verileri saklar. Örneğin kenarlar, döngü tanımlamalarını içerebilir. Kenarlarda da köşelerden tanımlamalar olabilir. Veriler arasındaki bu bağlantılar sınır modelinin ad topolojisine sahiptir. Noktaların koordinatları, yüzey denklemleri ve diğer benzer veriler geometriyi temsil eder "(Kocovic, 2017: 28).



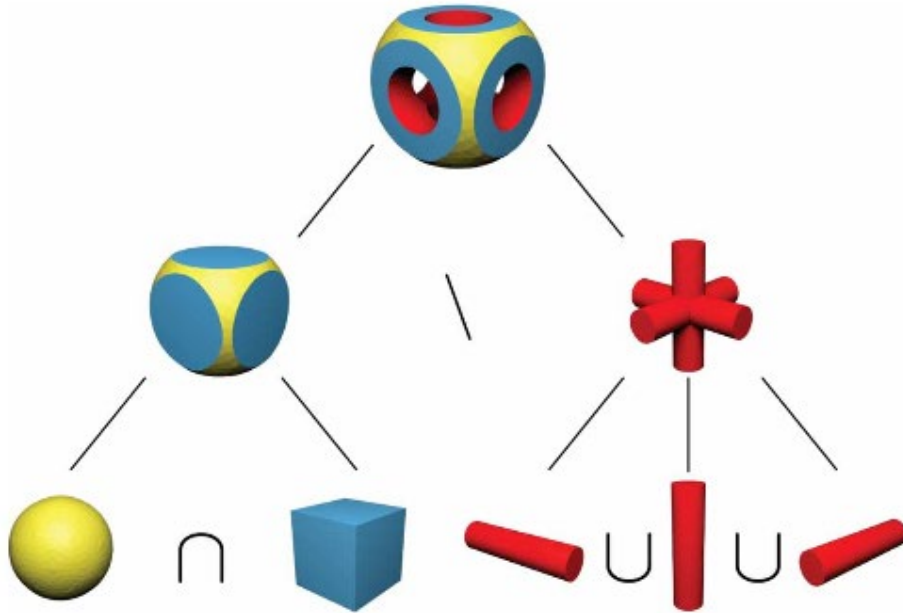
Şekil 2: B-rep bir şeklin yüzey açılımı

(Kocovic, 2017: 27)

B-Rep yani sınır gösterme yöntemini özetle nokta, çizgi ve düzlemler sınır alınarak, bir tasarımın köşe, kenar ve yüzey hatlarının belirlenmesi suretiyle 3b dijital tasarım oluşturulmasıdır. Bu tasarım yöntemi, 3b dijital tasarımın temelidir ve ilk olarak ortaya çıkışı B-spline eğrilerden yüzey oluşturulmasına dayanır. Temeli teknik çizime dayanan bu tasarım yöntemi, özellikle mühendislik alanında ve kesin ölçülere sahip hatları olan tasarımlarda tercih edilmektedir.

1.2.2 Yapıcı Katı Geometri (Constructive Solid Geometry)

CSG, solid (katı) olarak tanımlanan 3b formların dijital ortamda oluşturulması başarıldıktan sonra ortaya çıkmış bir tekniktir. CSG'nin temel mantığı küp, küre, üçgen ve benzeri basit geometrik formların birbirine eklenmesi, çıkarılması veya objelerin kesişiminin alınması ile daha karmaşık 3b formların oluşturulmasıdır. "Modellemecinin nesneleri birleştirerek karmaşık yüzeyler veya nesneler oluşturmasını sağlar "(Peddie, 2013: 50).



Şekil 3: CSG tasarım süreci

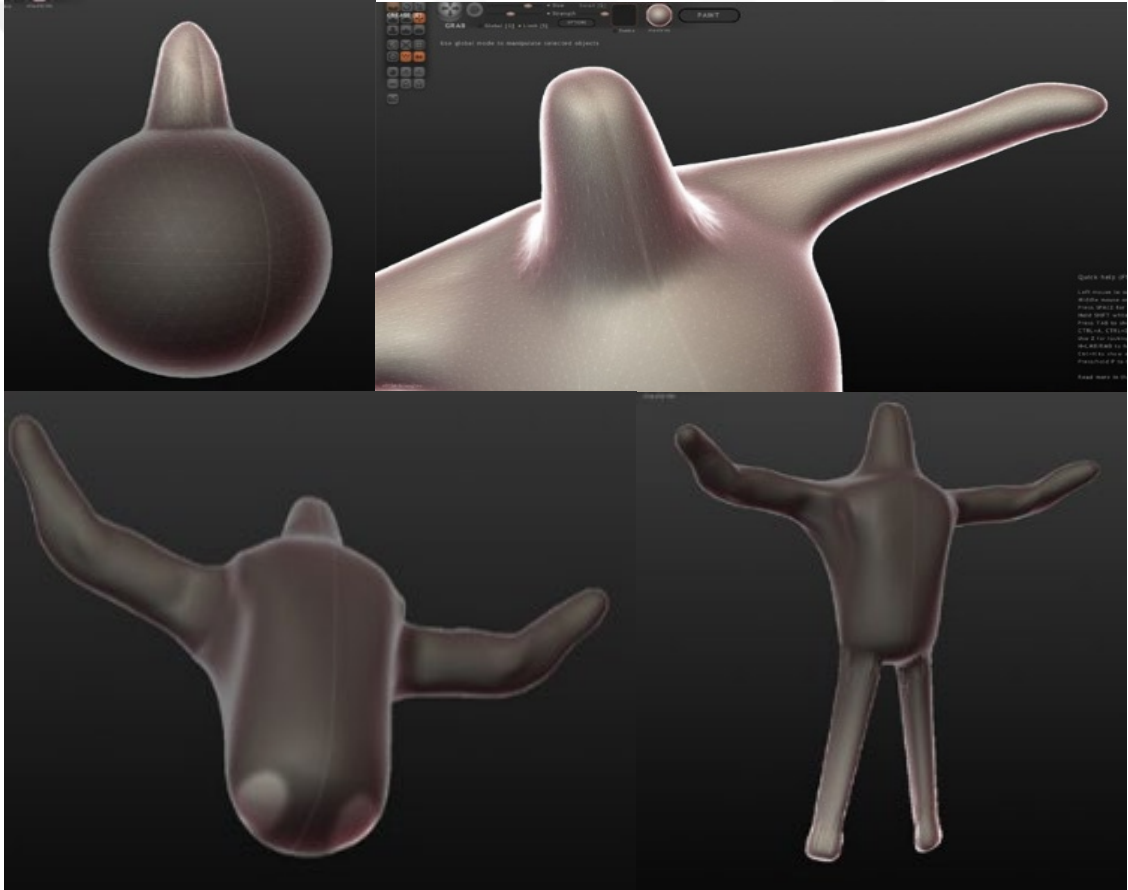
(Kocovic, 2017: 32)

CSG modelleme, dijital modellemenin insan tarafından fiziksel modelleme olarak algılanabilmesini sağlamış bir yöntemdir. Buna ek olarak kapalı objeleri birbirine ekleme veya kapalı modellerin iç yüzeyinde boşluklar oluşturma imkanı sağlamıştır. Tüm bu işe yarar özellikler nedeniyle CSG, çoğunlukla B-rep ile bir arada kullanılan standart modelleme yöntemi haline gelmiştir. Modelleme hızı ve kolaylığı bakımından daha etkili olan bu yöntem ilk olarak 3b animasyonların oluşturulmasında, daha sonra da bilgisayar oyunlarının modellemesinde kullanılmıştır.

1.2.3 Örtük Yüzey Modelleme (Implicit Surface Modelling)

ISM, yüzey düzenleme temelli bir yöntemidir. Çoğunlukla küre, silindir ve elipsoid katılar kaynak alınır. Bu katıların yüzey kontrol noktalarının düzenlenmesi ve daha karmaşık formlar oluşturulması suretiyle tasarımlar gerçekleşir.

"Örtük paradigmayı anlamanın en iyi yolu bir kontur haritayı düşündürmektir. Bir dağ araştırması, ızgaradaki her nokta için bir yükseklik değeri vermektedir ve kademeli olarak artan yüksekliklerin üzerinden geçen bir dizi kontur çizerek bir yüzey inşa edersiniz. Bu durumda temel veri, dağın son yüzeyini temsil edebilen yükseklik değerleri ve üçgenlerdir" (Peddie, 2013: 51).



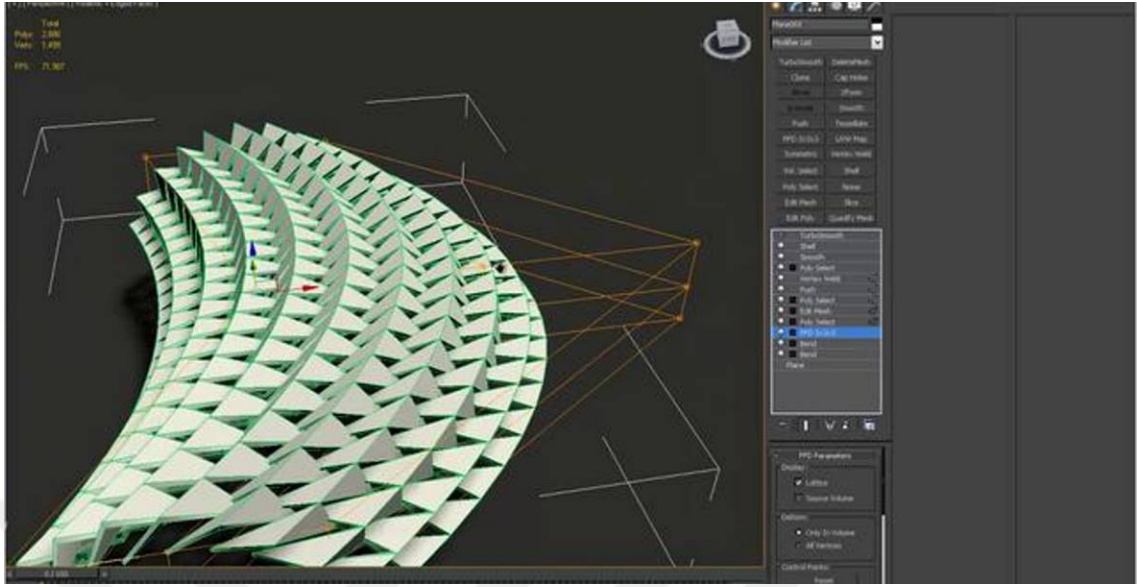
Şekil 4: ISM yöntemi kullanılarak model hazırlama süreci

(Micallef, 2015: 278-281)

Diğer tasarım yöntemlerine kıyasla bu yöntemi farklı kılan, geometrik formlara sahip tasarımlar yerine, amorf formlara sahip tasarımların yapılabilmesidir. ISM de CSG gibi ilk olarak sinema ve animasyon sektöründe kullanılmıştır. 3b yazıcıların ortaya çıkması sayesinde ISM yöntemiyle oluşturulan amorf formların üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Temeli plastik 3b sanatlara dayanan birçok sektörde bu tasarım yöntemini kullanan araçlar tercih edilmeye başlanmıştır. İlk başta yüzey noktalarının tek tek seçilip hareket ettirilmesi ile yapılan ISM modelleme, zahmetli ve vakit alan bir iştir. Bu yüzey noktalarını toplu olarak değiştirebilen araçlara sahip dijital heykel programlarının geliştirilmesi ile ISM modelleme daha kolay hale gelmiş ve kullanımını yaygınlaştırmıştır.

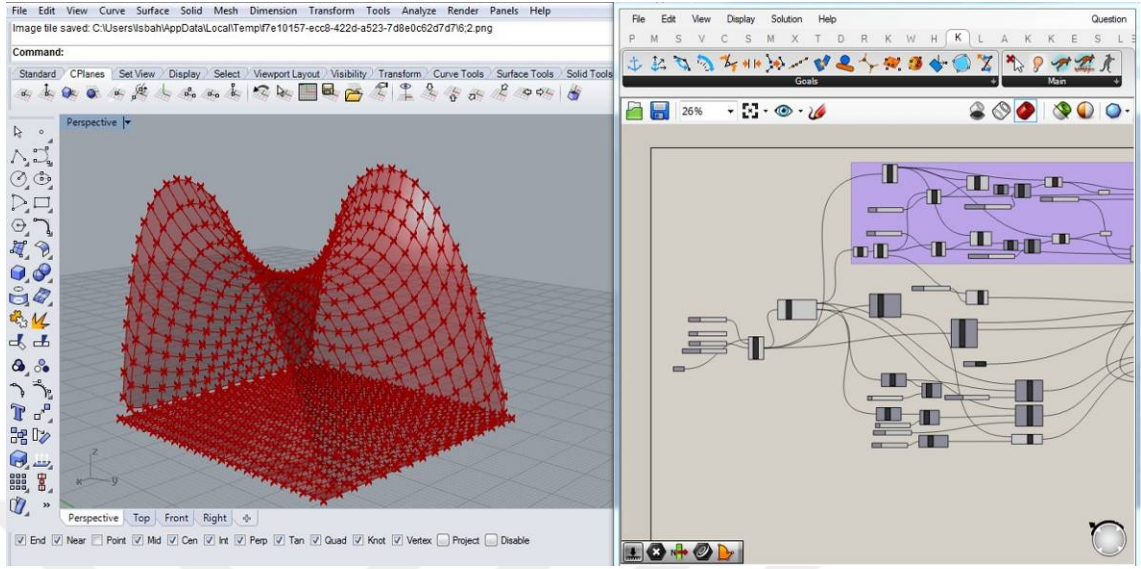
1.2.4 3B Dijital Parametrik Modelleme

Parametrik tasarım mühendislik temelli, çoğunlukla mimarlık alanında kullanılan bir tasarım yöntemidir. İlk başta mimari modellerin parça bütün ilişkisine dayanan matematiksel denklemlere dönüştürülmesi ve hızlı bir şekilde uygulanabilmesi için geliştirilen bu mimari sistem, bilgisayar teknolojisinin ortaya çıkması ile birçok endüstriyel tasarım alanında kullanılmaya başlamıştır. Görsel tasarımın teknik parametreler çerçevesinde sınırlandırılması, olabilecek en zahmetsiz şekilde uygulanması prensibine dayanan bu tasarım yöntemi, çoğunlukla mimari yapıların dış yüzeylerinin ve aksesuarlarının hızlı bir şekilde biçimlendirilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 5: Maya programı ile parametrik tasarım süreci
(<https://vimeo.com/27715465> [1 Şubat 2020])

Bu yöntem, bir bütün halindeki 3b formun geometrik parçalara ayrılması ve birbiri ile matematiksel olarak etkileşimde olan bu parçaların değerlerinin değiştirilmesi ile uygulanır. Bu parçaların her biri diğer parçalar ile etkileşimde olduğu için, bir parçanın özelliklerini değiştirmek, bütün yüzeyin veya objenin yapısını değiştirmek için yeterlidir. Dijital parametrik tasarım, 3b modelin yüzeyini tanımlayan çizgiler ve kare/üçgen parçalar toplu olarak değiştirilerek veya farklı bir şekilde oluşturulmuş parametrik yüzey, 3b modelin koduna eklenerek yapılır. Parametrik tasarımı 3b dijital modelleme olarak uygulamak için, 3b dijital modellerin yazılım kodlarına erişimi sağlayan programlar kullanılır. Kod temelli 3b dijital modelleme yapılabilen Solidworks gibi programlar yanı sıra, 3b modellemeyi kod şemalarına dönüştürerek parametrik tasarım yapılmasını sağlayan Grasshopper gibi ek programlar da mevcuttur.



Şekil 6: Grasshopper programı ile parametrik modelleme

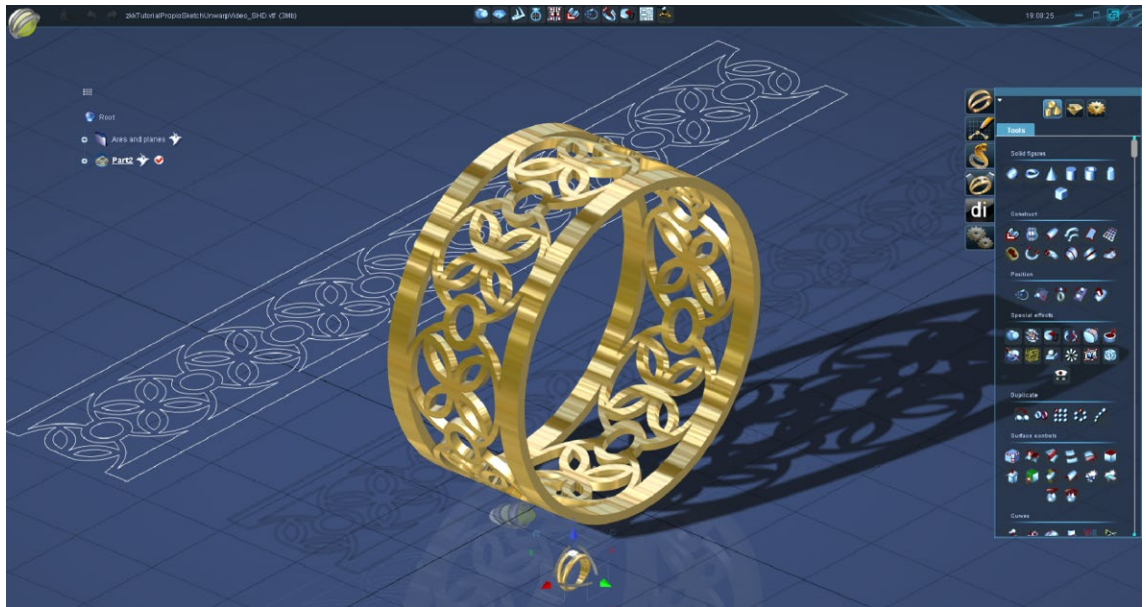
(<http://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/2655022684?profile=original> [1 Şubat 2020])

Basit bir dille anlatmak gerekirse parametrik dijital tasarım, 3b dijital programların standart özelliklerine yazılım tabanlı olarak müdahale edilmesidir. Bu yöntemin mimaride kullanılmış olan parametrik tasarımla bağdaştırılmasının nedeni, benzer bir biçimde parametreler oluşturulup bu parametreler değiştirilerek modelleme yapılmasıdır. 3b dijital modellemenin parametreleri 3b modellerin temeli olan noktalar, çizgiler, yüzeyler ve bunların tek tek veya grup grup olarak hareket ettirilmesini, çoğaltılmasını, değiştirilmesini sağlayan program komutlarıdır.

1.3 3B Dijital Tasarımın Kuyumculuk Alanında Kullanımı

Üç boyutlu dijital programlar CAD/CAM teknolojisinin temelidir. 3b objelerin makineler tarafından üretilebilmesi için, ilk önce söz konusu makinelerin uygulayacağı bir işlem dizinin oluşturulması gerekmektedir. Bu dizinleri oluşturmak belli komutların 3b düzlemdeki işleyişini bilmeyi gerektiren, karmaşık ve uzun süren bir işlemdir. Yazılım mühendisleri bu işlemi hızlandırmak ve genel insan kullanımına uygun hale getirmek için görsel dijital programlar hazırlamıştır. Bu 3b dijital tasarım programları, çeşitli kodları dijital araç olarak bilinen görsel araçlara çevirirler. Bu araçlar bir den fazla kodu kolayca bir arada kullanarak dijital 3b şekiller oluşturulmasını sağlarlar. Farklı görsel dijital araçlara sahip birçok 3b tasarım programı oluşturulmuştur ve 3b tasarım programları ticari bir sektöre dönüşmüştür. Böylece birçok değişik alana özel 3b tasarım programları ve araçları ortaya çıkmıştır.

Sanat ve tasarım sektöründe kullanılan birçok program, kuyum sektöründe de kullanılmaktadır. Bu sektörde yapılan tasarımlar genellikle kritik ölçümleri, mekanik yapıların üretimini veya dijital simülasyonunu gerektirmez. Bu yüzden kullanımı daha basit, sanatsal çizimlere yönelik programlar daha çok tercih edilmektedir.



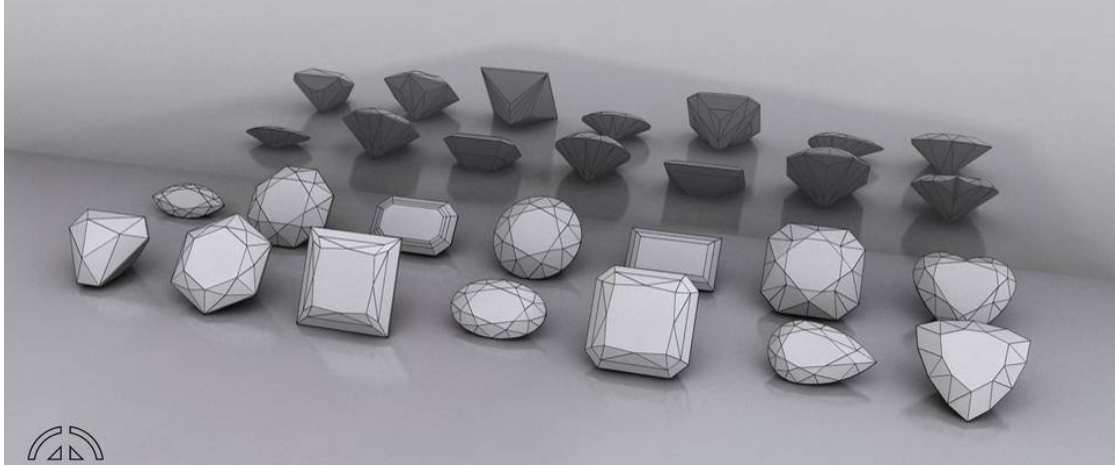
Şekil 7: Standart 3b tasarım yöntemleri ile modellenmiş bir mücevher tasarımı

(<http://www.3design.com/3design-gallery/> [1 Aralık 2019])

Takı ve mücevherin belli bir teknik temele ihtiyaç duyması nedeniyle, tamamen artistik özelliklere sahip dijital heykel programları da genellikle tek başına yeterli değildir. "Hala evrensel olarak kullanılan tek bir ürün yok ve hiçbir zaman da olacağını düşünmüyorum"(Hoskins, 2018: 145). Bu yüzden bir den çok dijital programın bir arada kullanımı veya profesyonel kuyum teknikleri ve modelleri ile donatılmış ek programlar, dijital mücevher ve takı tasarımında tercih edilmektedir. 3b dijital yazılımlar arasındaki rekabet, değişik sektörlerde kullanılan birçok 3b programın özelliklerini bir araya toplayan yeni programların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Eski programlar da rekabeti sağlayabilmek için bu özellikleri barındıracak şekilde geliştirilmiştir. Render almak, gerçek boyutlu ve kullanılabilir objeler tasarlamak, tasarım dosyalarının farklı formatlara kısa yoldan aktarılması ve tasarımın 3b baskı işlemine hazır hale getirilmesi, artık tek bir program kullanılarak yapılabilmektedir. Söz konusu bazı programların kendi içinde teknik çizim, 2b resim ve eskiz yapma özelliği bile vardır.

1.3.1 Takı ve Mücevher Tasarımı İçin Hazırlanmış Ek Programlar

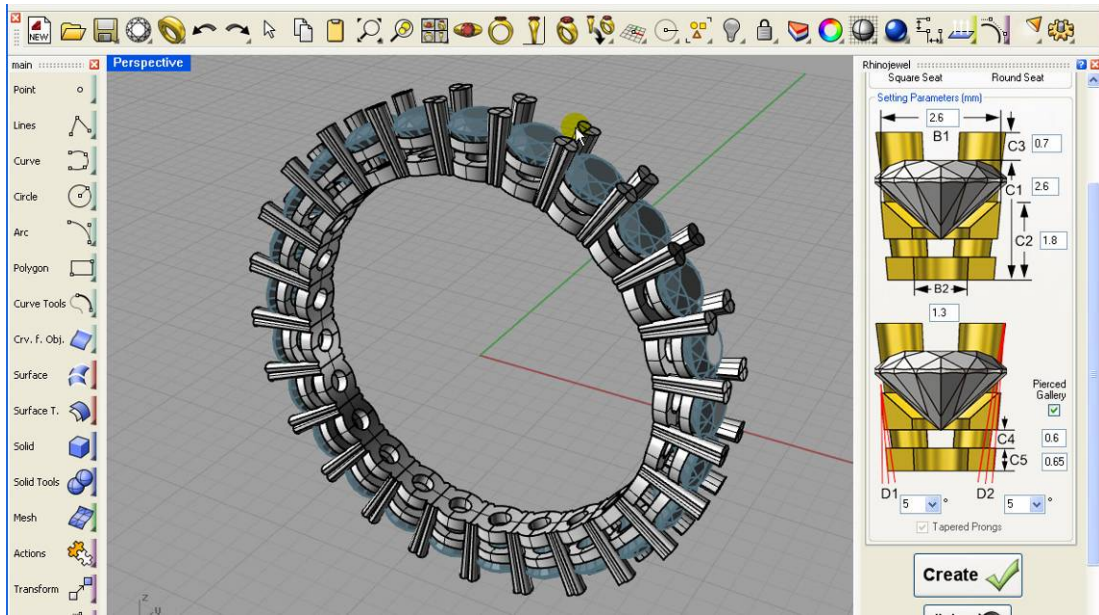
3b programlarla birçok değişik objeyi ve formu, sıfırdan modellemek mümkündür. Ancak her seferinde standart parçaların ve temel birtakım formların tekrar tekrar modellenmesi gereksiz zaman kaybına neden olmaktadır. Bu durum tasarımcıları, standart modelleri depolamaya veya hazır olarak edinmeye itmiştir. Bu ihtiyacı karşılamak için 3b tasarım programlarına, bu tip modelleri ve standart teknik araçları toplu olarak sağlayan ek programlar hazırlanmıştır. Bu programların kuyum ve mücevher tasarımına yönelik olanları da mevcuttur. Söz konusu ek programlar kuyumculukta kullanılan taşlar, bağlantı aparatları ve ek parçaları gibi birçok standart objenin sanal modellerini ihtiva eder.



Şekil 8: Çeşitli değerli taş modelleri

(<https://grabcad.com/library/10-gemstone-shapes-1> [1 Aralık 2019])

Aynı zamanda kuyum tekniklerinin tasarımlar üzerinde gerçek boyutlu olarak uygulanmasını sağlayan birçok sanal araç da bu programların içinde mevcuttur. Standart taş yuvaları, kafesleri, tırnaklar, standart alyanslar, küpe kancaları ve kolye parçaları gibi birçok hazır model, bu programlarda uygulanabilir araçlar olarak bulunur. Jewel CAD, Matrix, Rhino Gold, ve 3design bu ek programlardan bazılarıdır.



Şekil 9: Sanal araçlarla taş yuvalarının ayarlanması

(http://www.rhinojewel.com/en/features_metal.php [1 Aralık 2019])

Ek programları sadece üretime yönelik gerçek boyutlu sanal objeler oluşturmakla kalmaz, bu objelerin gerçeğe yakın dijital görüntülerini de üretebilir. Bu sanal görüntüler, hem ürünlerin sunumunu hazırlamak, hem de ürünün üretim nihayetinde nasıl gözükeceği hakkında aşağı yukarı bir fikre sahip olmak açısından oldukça faydalıdır. 3b programların çoğu bu tür render görüntülerini alma özelliğine sahiptir, ancak daha detaylı ve değişik ortamlara uyarlanmış fotoğraflar almak için çeşitli ek yazılımlar üretilmiştir. Bu yazılımlar kullanılarak ürünün üretilmesi gerekmeden, farklı ortamlarda, çeşitli ışıklandırma, doku ve malzemeler kullanılarak gerçeğe oldukça yakın fotoğraflar oluşturulabilir.

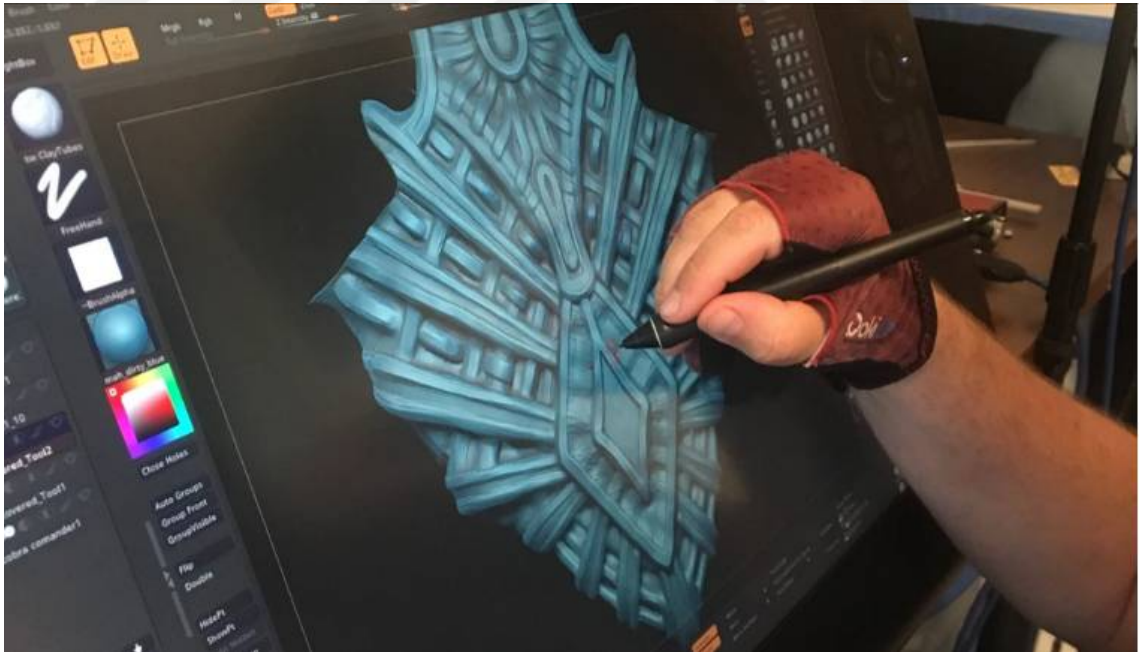


Şekil 10: Brazil isimli Rhino 3d add-on render programı ile oluşturulmuş bir görüntü
(<https://www.rhino3d.com/gallery/4/55206> [1 Aralık 2019])

1.3.2 Dijital Heykel Programlarının Takı ve Mücevher Alanında Kullanımı

Standart geometrik formları ve dijital araçları kullanarak profesyonel dijital mücevher tasarımı ve üretimi mümkündür. Ancak geleneksel yöntemlerle çoğunlukla kayıp mum yöntemi kullanılarak üretimi tercih edilen, daha karmaşık, heykelsi ve amorf formları modellemek için söz konusu araçları kullanmak yetersiz olmuştur. Bu iş için tercih edilen, dijital heykel modellemek amaçlı geliştirilmiş, ISM modelleme tekniği temelli programlar vardır. Bu programlar "dijital heykel" programları olarak adlandırılırlar.

Dijital heykel, yüzey şekillendirme temelli bir modelleme türüdür. Bu programlarda modelleme birden fazla 3b şekil birbirine eklenip çıkartılarak veya teknik çizim ile 3b formun dış hatlarını belirlenerek değil, mevcut bir 3b şeklin dış yüzey formu değiştirilerek yapılır. Dijital fırça olarak adlandırılan serbest modelleme araçları kullanılarak, hızlı bir şekilde 3b dijital nesnelerin dış yüzey formları değiştirilir ve bu şekilde modelleme yapılır.



Şekil 11: Zbrush programı ve dijital ekran tablet kullanılarak yüzey düzenleme süreci
(<https://astorandorion.com/blogs/news/peak-behind-the-curtain-part-1-prototyping> [21
Aralık 2019])

Basit geometrik şekiller veya hazır modeller bu programlarla çok daha karmaşık modellere dönüştürülebilir veya hazır tasarımlar bu programlara aktararak yüzey işlemleri yapılabilir. Dijital heykel tekniği, isminden de anlaşılacağı gibi geleneksel heykel tekniğine oldukça benzer bir mantığa sahiptir. Çoğu kullanıcı bu tasarım tekniğini çamur modelaj yöntemine benzetmektedir. Geleneksel yöntemlere göre dijital heykel yöntemini üstün kılan en önemli özellikler, ürün boyutlarının modelleme sürecini zorlaştırmaması, malzeme teknik özelliklerinin modelleme sürecini etkilememesi ve modeller dijital olduğu için saklanması veya değişikliklerin yapılmasının çok daha sorunsuz olmasıdır. Maya, Mudbox ve Zbrush, yaygın olarak kullanılan dijital heykel programı örneklerindendir.



Şekil 12: Dijital heykel yöntemi ile modellenmiş bir yüzük

(<http://archive.zbrushcentral.com/showthread.php?93972-Cacharreando-con-Zbrush-Nacho-Riesco-Zworks/page11> [21 Aralık 2019])

1.3.3 Parametrik Tasarımın Mücevher ve Takı Alanında Kullanımı

Dijital parametrik tasarım, dijital objenin kod bazlı tasarımıdır. Rakamsal değerler ve kodları görsellere dönüştürebilen programlar, kod bazlı kullanılarak sıfırdan 3b objeler oluşturulabilir veya mevcut objeler değiştirilebilir parçalara ayrılabilir. Daha sonra parçaların özellikleri veya dijital objenin temel parametreleri değiştirilerek model biçimlendirilir. Parametrik dijital tasarım kod tabanlı yapıldığı için B-rep ve CSG yöntemleri uygulanırken açık yüzeyler kalması, birden çok yüzeyin birbirini üstünden geçmesi, kısacası program algoritmasının beklenmeyen sonuçlar vermesi daha azdır.



Şekil 13: Parametrik modelleme yöntemiyle oluşturulmuş bir yüzük tasarımı

(<https://www.shapeways.com/product/XZ8GKRSPS/gyroid-ring?optionId=40877839&li=marketplace> [1 Şubat 2020])

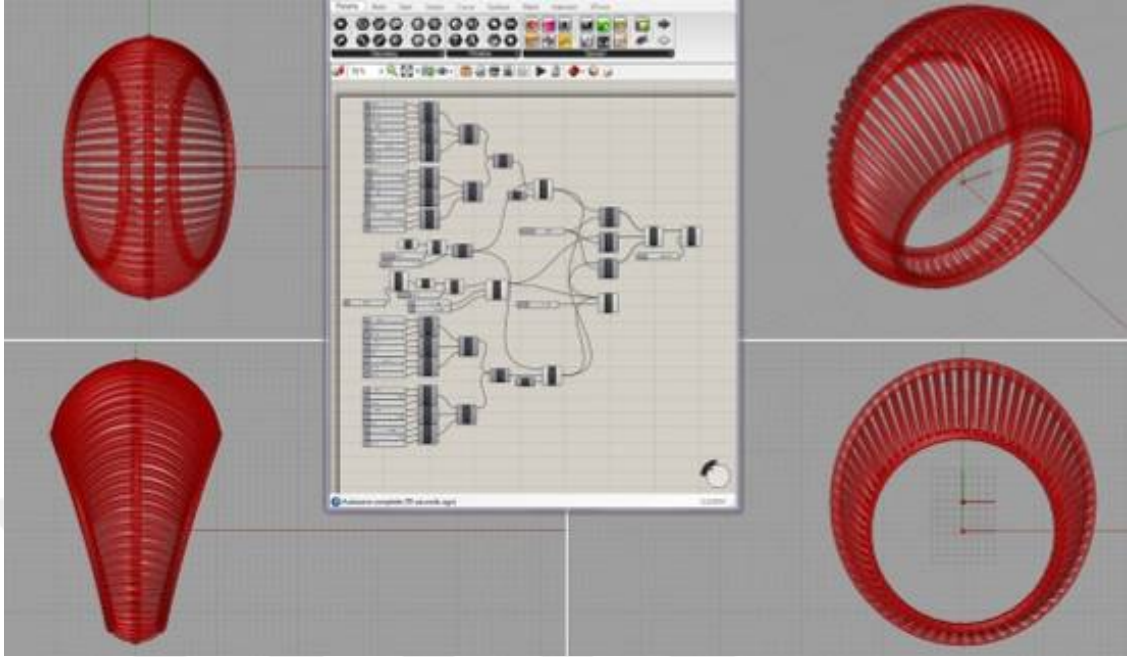
Bu tasarım yöntemi çoğunlukla, bilgisayar algoritması kullanılarak oluşturulan birbiriyle etkileşimli şekillerin, standart ürünlerin yüzeyleri üzerinde hızlı bir şekilde uygulanması için kullanılır. Basit geometrik şekiller belli bir görsel davranış biçimini uygulayacak şekilde bir araya getirilir, bu davranış biçimi genellikle programların kaydırma, döndürme, bükme veya büyükten küçüğe şekil çoğaltma gibi araçlarını kullanır. Bu şekiller gurubu yapısına ve kullanılacağı yüzeye bağlı olarak

değiştirilmeden alınır veya birtakım parametreleri takip eden bir döngü haline getirilir. Birbiri ile etkileşimli bu şekil topluluğu daha sonra programlardaki ek araçlarla veya manuel olarak koda çevrilip, dijital objenin yüzey sınırları içerisine uygulanır. Bu yüzey ve hacim biçimlendirme şekli, kod bazlı 3b dijital tasarıma hakim olmayı gerektirir.

Kod bazlı tasarım çoğu görsel tasarımcının harcı olmadığı için otomatik yüzey biçimlendiren veya solid formlar içerisinde birtakım şekiller uygulayabilen algoritmalar oluşturulmuştur. Bu algoritmalar günümüzde standart programlara ek araç olarak eklenerek veya ayrı bir tasarım programı halinde kullanılmaktadır. Grasshopper yaygın olarak kullanılan parametrik tasarım araçlarından biridir.



Şekil 14: 3b baskı ile üretilmiş bir parametrik tasarım kolye
(<http://www.singularity-archlab.com/generative-jewelry.html> [1 Şubat 2020])



Şekil 15: Grasshopper kullanılarak parametrik yüzük tasarım süreci

(<https://www.grasshopper3d.com/photo/2985220:Photo:168749?context=album&albumId=2985220%3AAlbum%3A168672> [1 Şubat 2020])

Teknik nedenler ötesinde, estetik olarak bakılınca karmaşık organik görünümlü formların sorunsuz yaratılabilmekte ve bu formların parametreleri alınıp benzer yüzeyler üzerinde kopyala yapıştır şeklinde kullanılabilir. Ancak bu tasarım biçimi görüldüğü kadar kullanışlı ve özgün değildir. Çok poligonlu yüzeyler ve meshler üzerinde sınırlı sayıda parametrik araç verimli kullanılabilir. Bu tasarım modeli mücevher tasarımına yeni bir bakış açısı getirmiştir. Parametrik tasarımın mücevher alanında çığır açan bir tasarım dili gibi görülmesinin nedeni aslında mücevher tasarımında yeni bir tasarım yöntemi olması ve çoğu mücevher tasarımcısının kod temelli tasarımla alakası olmamasıdır.

1.3.4 Jeneratif Yazılımların Takı ve Mücevher Alanında Kullanımı

Jeneratif görsel yazılımlar belli matematiksel formülleri izleyerek ardışık görsel formlar oluşturan algoritmalarlardır. Bu tip görsel biçimlendirmenin ilk örneği 1975'te Benoît Mandelbrot tarafından oluşturulmuştur ve rakamsal değerlerle oluşturulan 2b şekiller fraktal olarak adlandırılmıştır. Algoritmadaki sayısal değerler değiştirilerek birbirinden farklı birçok değişik görsel bilgisayar tarafından oluşturulabilir. Daha sonra fraktalları 3b olarak uygulayabilen yazılımlar ortaya çıkmıştır. Aynı mantıkta çalışan 3b görsel yaratıcı yazılımlar ilk olarak, 3b tarayıcı ve benzer sistemler olmadığı zamanlarda film ve bilgisayar oyunu alanında bulutlar, ağaçlar ve sınırlar gibi doğal karmaşık yapıların görselleştirilmesinde kullanılmıştır. Biyologlar, mimarlar, yazılım mühendisleri vb. gibi farklı bilim ve teknoloji alanında eğitim almış insanların endüstriyel tasarım alanına yönelmesi ve 3b yazıcıların ticari kullanımı sayesinde bu 3b formların ürün tasarımlarına uygulanması yaygın hale gelmiştir.



Şekil 16: Bitki dal yapısını taklit eden bir yazılım ile tasarlanmış kolye modeli

(<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=15> [1 Şubat 2020])

Çeşitli organik yapı ve formların mekaniklerini taklit ederek çalışan yazılımların oluşturduğu bu formlar mimari, mobilya ve mutfak gereçleri gibi birçok değişik alanda endüstriyel tasarım amaçlı kullanılmaktadır. Mücevher ve takı sektörü de bu algoritmaların kullanılmasına en yatkın olan alanlardan biridir. Kolye uçları, küpeler yüzükler ve broşlar gibi birçok objenin oluşturulmasında bu algoritmalar tarafından oluşturulan formlar rahatlıkla kullanılabilir.



Şekil 17: Mandelbrot algoritmasının 3b uygulanması ile modellenmiş ve 3b baskı ile üretilmiş kolye ucu

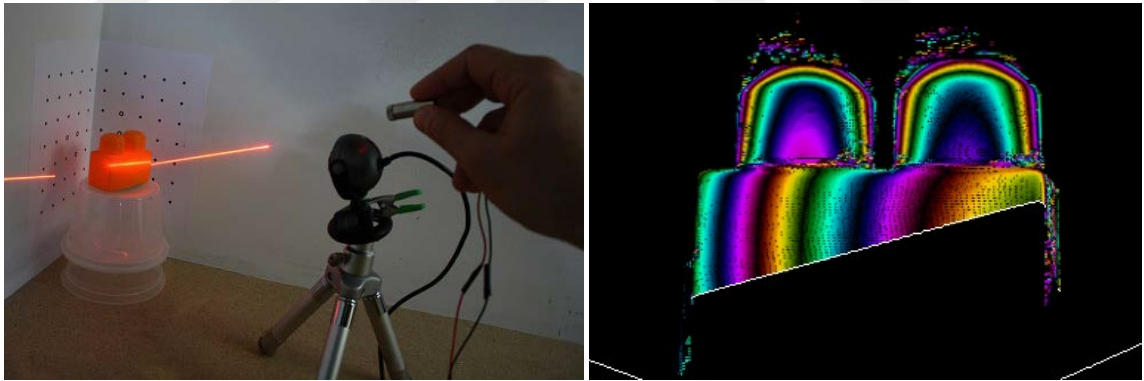
(<https://www.shapeways.com/product/J2GYXK9EL/klein-dragon-pendant?optionId=61656888&li=shops> [21 Aralık 2019])

Bu algoritmaların kullanımı hem genel görsel tasarım kavramı hem de mücevher tasarımı bakımından radikal bir değişimdir çünkü söz konusu görsel tasarım insan değil, bilgisayar algoritması tarafından oluşturulmaktadır. Bu modelleme ile oluşturulan formlar ne doğal formlar ne de tam olarak insan tarafından hazırlanmış formlardır. Bu yüzden de daha önce hiç kullanılmamış yeni bir form ve sanat biçimi olarak algılanmaktadır. Bu tip yazılımlarla çeşitli tasarımlar oluşturmak için gereken tek şey, programındaki rakamsal değerlerin değiştirilmesidir. Bu tip tasarım, aynı programa aynı rakamsal değerler girildiğinde her zaman aynı tasarım sonucunu vermektedir. Bu

yüzden tasarımın özgünlüğü, sanatsallığı ve hatta tasarım olup olmadığı tartışmaya açık bir konudur. Bu tip algoritma kullanılarak yapılan tasarımlar, tasarımcı ve mühendis kavramlarının yeniden düşünülmesine yol açmıştır. Bunun sonucu olarak "tasarım mühendisi" veya "takı mühendisi" gibi yeni kavramlar ortaya çıkmaya başlamıştır.

1.4 3B Dijital Tasarımda Kullanılan Tarayıcılar ve Kuyum Sektöründe Kullanımı

3b dijital tarayıcılar ses, ışık, manyetik alan gibi, makinelerin algılayabileceği çeşitli sinyalleri kullanarak, somut objelerin dijital ortamda 3b görüntüsünün oluşturulmasını sağlayan araçlardır. Bu tarayıcılar bir kaynaktan objelerin üstüne sinyal gönderilmesi ve objeye çarpıp geri dönen sinyallerin veriye dönüştürülmesi prensibi ile çalışır. Sinyalleri algılayarak dijital veriye dönüştürme niteliğine sahip bir alıcı, dijital ortamda bu verileri kullanarak objenin görüntüsünü oluşturan bir yazılıma aktarır.



Şekil 18: Lazer ile 3B nesnenin dijital ortama aktarılması

(Salinas, 2014: 79)

"3b tarayıcı, taranan yüzeyi haritalayan bir 'nokta bulutu' oluşturur; bu nokta bulutu daha sonra üçgenlere ayrılır "(Hoskins, 2018: 40). Çalışma prensibi bakımından ele aldığımızda, bu teknolojinin başlangıç noktasını radar teknolojisi olarak kabul etmek makul olacaktır. Radar ses sinyali kullanılarak fiziksel bir nesnenin, dijital 2b bir düzlem haritası üzerinde, yerinin belirlenmesini sağlayan bir sistemdir. Teknolojinin dijital resimler üretme yönünde gelişmesi ve radar mantığında çalışan bir aparat yardımı

ile medikal alanında kullanılan ultrason cihazları ortaya çıkmıştır. Ultrason 3b nesnelerin dijital ortamda 2b resimlerinin çıkarılmasına olanak sağlamıştır. Aynı mantıkta çalışan sistemlerin gelişmesiyle, objelerin yüzeyinden yansıyan sinyallerin dijital ortamda 3b resimler oluşturması mümkün olmuştur. 3b tarayıcı olarak adlandırabileceğimiz MR ve benzeri çeşitli sistemler ortaya çıkmıştır.

Sanat ve tasarım alanında ise ışık sinyallerini kullanan 3b tarayıcılar çoğunlukla tercih edilmektedir. Işık sinyali ile yüzey taraması yapan bu araçlar ilk olarak 20. yüz yılın ortalarında geliştirilmeye başlanmıştır. Söz konusu 3b tarayıcıların NURBS yüzey teknolojisi ve ilk CAM araçları geliştirilmeye başladığı sırada ortaya çıkması tesadüf değildir. 3b dijital tarayıcılar, CAD teknolojisinden faydalanılarak geliştirilmiş araçlardır ve CAD/CAM alanında kullanımı amaçlanmıştır.

1.4.1 3B Dijital Tarayıcılar ve Kullanım Alanları

Dijital tarayıcılar, somut objelerin dijital görüntüsünün oluşturulması talep edilen birçok alanda kullanılabilirler. 3b dijital tarayıcılar çoğunlukla medikal sektöründe, organik dokuların somut modellerinin oluşturulması veya eksik, hasarlı dokular taranarak, bunları tamamlayabilecek protezler oluşturması için kullanılmaktadır. Ancak bu 3b dijital tarayıcıların sadece sağlık sektörüne özel geliştirilmiş bir teknoloji olduğu anlamına gelmemektedir. 3b tarayıcılar arkeoloji ve tarihin korunmasında da önemli rol oynamaktadır. Zamanla bozulabilir olan ve çeşitli etkenlerden dolayı zarar görme ihtimali bulunan tarihi eserler ve arkeolojik buluntular, el değmeden dijital ortama aktarılabilir. Böylelikle fiziksel buluntular yok olsa bile, buluntuların birebir kopyası olan 3b dijital modeller dijital veri tabanında saklanmış olur. Bunun yanı sıra, saklanan 3b veriler kullanılarak, çeşitli restorasyon çalışmaları ve temsili replika ürünler de yapılabilir.



Şekil 19: Tarihi restorasyonda 3b tarayıcı kullanımı

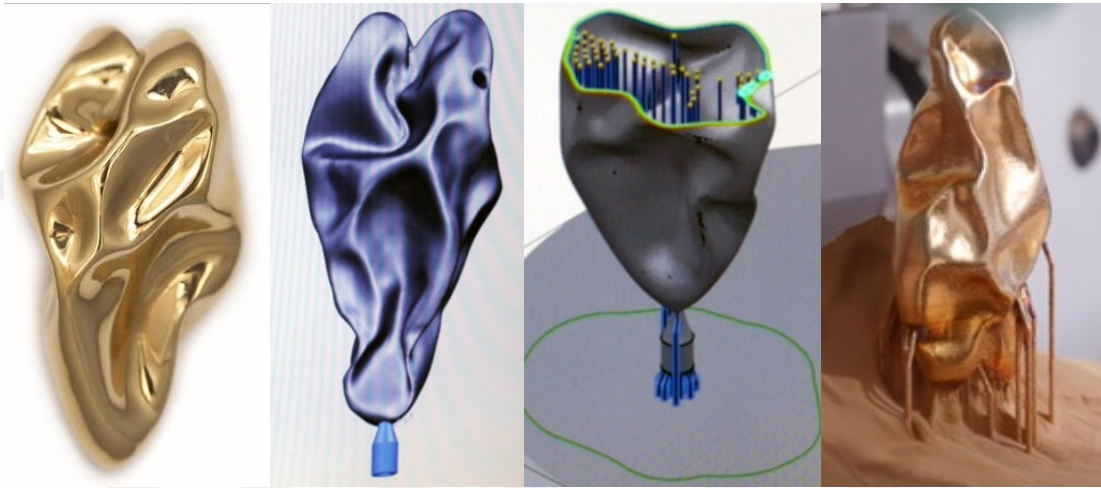
(<https://www.3ders.org/articles/20170217-preserving-syrias-heritage-3d-printing-helps-restore-palmyra-busts-destroyed-by-isis.html> [8 Aralık 2019])

Mühendislik ve inşaat gibi diğer sektörlerde de onarım ve yedekleme gibi işlemlerde 3b tarayıcılar kullanılabilmektedir. Yapı ve makine parçalarının sağlamlığı ve fiziksel strese dayanımı benzeri teknik özellikleri, 3b tarayıcılar sayesinde gelişmiş fizik motorlarına sahip bilgisayar simülasyonlarında test edilebilmektedir. 3b tarayıcıların sıklıkla kullanıldığı sektörlerden birisi de sinema ve dijital oyun sektörü olmuştur. İnsan ve diğer çeşitli modelleri dijital ortama aktarmak ve çeşitli özel efektler kullanarak gerçekçi film sahneleri oluşturmak, bu teknoloji sayesinde her zamankinden kolay hale gelmiştir.

1.4.2 3B Dijital Tarayıcıların Takı ve Mücevher Tasarımı ve Üretimine Katkıları

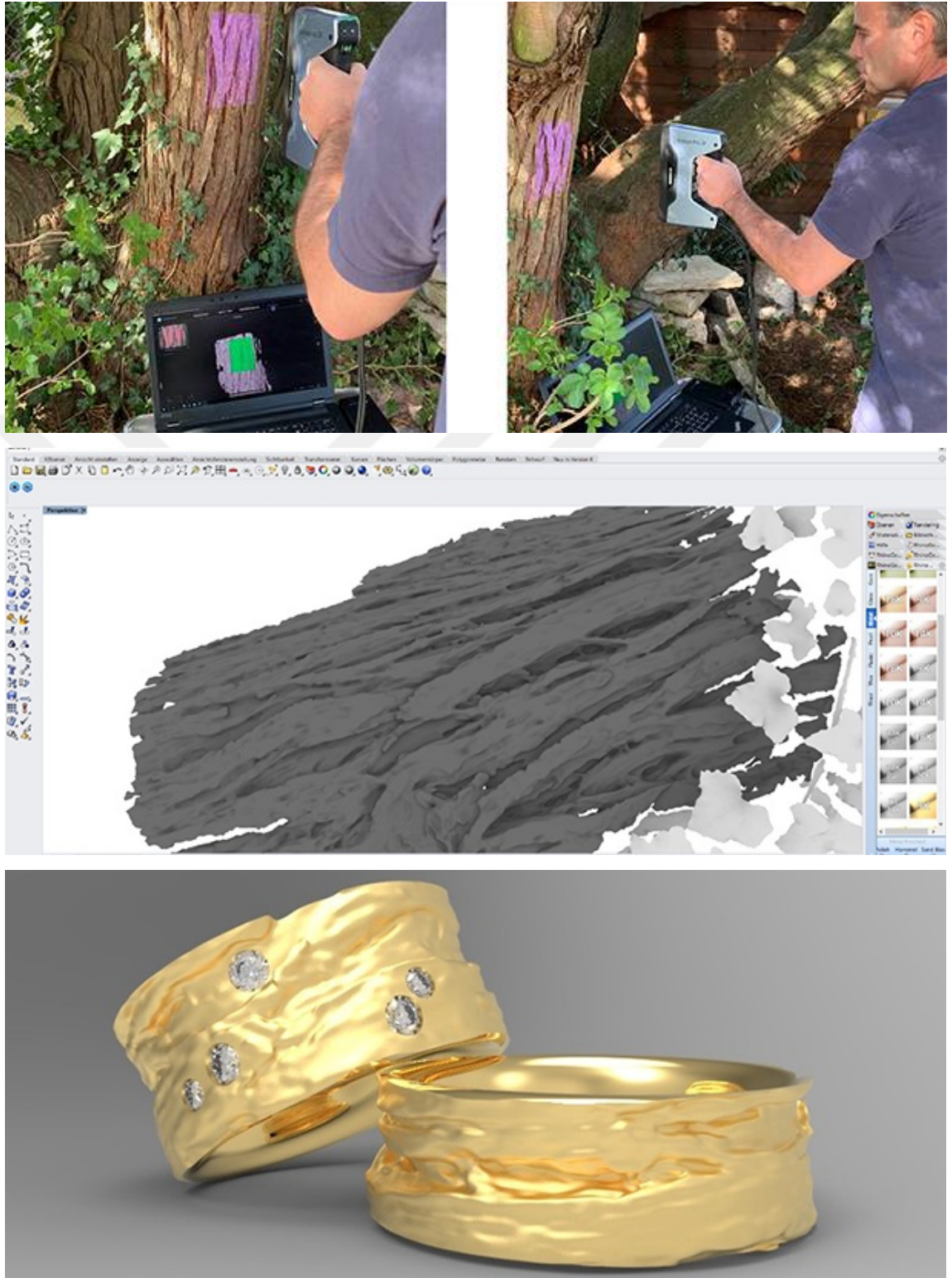
3b tarayıcıların ortaya çıkış amacı, nesnelerin dijital kopya niteliğindeki görüntüleri oluşturularak, yüzey ve yapı bakımından incelenmesi olmuştur. Fakat bu teknoloji sadece bilimsel inceleme ve tespit amaçlı kullanılmakla sınırlı kalmamıştır. Bilgisayar destekli otomasyon sistemlerinin gelişmesi ile, 3b modellerin fiziksel objelere dönüştürülmesi mümkün hale gelmiştir. Böylece 3b tarayıcıların da tasarım ve

üretime katkıda bulunması bir seçenek haline gelmiştir. Objelerin nerdeyse tıpatıp aynısının kopyalanabilmesi, tersine mühendislik diye de adlandırılan mevcut ürünlerin çeşitli şekillerde kopyalanarak yeniden üretilmesi prensibindeki üretim biçimine büyük katkı sağlamıştır. 3b tarayıcılar sayesinde geleneksel kalıp alma ve şablon çıkarma gibi tersine mühendislik yöntemlerine ihtiyaç kalmamıştır.



Şekil 20: Reverse engineering yönteminden faydalanarak PBF ile üretilmiş bir takı (<https://www.dezeen.com/2015/09/08/3d-printed-gold-jewellery-18-carat-reshape-industry-lionel-t-dean/> [1 Aralık 2019])

Bu durum, söz konusu teknolojinin sadece kopyala-yapıştır işlemleri için kullanılabileceği manasına gelmemektedir. 3b yazıcılarla birçok dijital-geleneksel karışık tasarım yöntemini uygulamak mümkündür. Üç boyutlu dijital tasarımı zor olan bir obje, yüzey veya form, 3b tarayıcı ile taranıp tasarım ögesi olarak kullanılabilir. Doğada bulunan birçok karmaşık yüzey formunu kolaylıkla 3b tasarıma dönüştürmek, bu tasarım teknikleri kullanılarak mümkündür. Aynı zamanda, mevcut ürünlerin üzerinde geleneksel yöntemlerle değişiklik yapılması mümkün olmadığı veya zarar gelmeden türevinin üretilmesi istendiği durumda da 3b tarayıcılar kullanılabilir. Söz konusu ürün 3b tarayıcı vasıtasıyla dijital ortama aktarıldıktan sonra gerekli değişiklikler, eklemeler yapılabilir ve yeniden üretilir.



Şekil 21: 3b tarayıcı kullanılarak alınan bir yüzey formunun takı tasarımında kullanımı
 (<https://www.shining3d.com/converting-nature-into-jewellery-with-3d-scanning/> [1
 Aralık 2019])

Tasarımlarına çeşitli manevi değeri olan objeleri, birebir katmak isteyen sanatçı ve zanaatkarlar da bu teknolojiyi kullanarak özel tasarımlar hazırlayıp üretebilmektedir. Kişi için özel olan herhangi bir fiziksel yüzey veya üç boyutlu form taranarak, birebir aynısının bir ürün üzerinde tasarım ögesi olarak kullanılabilir. Tasarıma kişisel anlam katmak bakımından, bu oldukça değerli bir özelliktir. "Ancak daha büyük bir olasılıkla veriler, teknolojinin “ücretsiz karmaşıklık” özelliğinden yararlanan karmaşık, serbest biçimli yapay nesneler oluşturmak üzere değiştirilecek ve/veya diğer verilerle birleştirilecektir "(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 15).



Şekil 22: 3b tarayıcı kullanılarak üretilmiş bir tasarım

(<https://www.dezeen.com/2015/09/08/3d-printed-gold-jewellery-18-carat-reshape-industry-lionel-t-dean/> [1 Aralık 2019])

Takı ve mücevher, birçok zaman insanlara değerli zamanlarını hatırlatan fiziksel bir araç olmuştur. Artık 3b tarayıcılar kullanılarak insanların hayatının bir parçası olmuş objeleri veya anlamlı buldukları formları, birebir tasarıma dahil etmek mümkündür. 3b yazıcıları kullanarak tasarıma katılan öğeler, sadece kişisel eşya ve objelerle sınırlı değildir. İnsan portre ve figürleri de üç boyutlu tarayıcılarla kolay bir şekilde tasarımlara dahil edilebilmektedir.



Şekil 23: 3b tarayıcı kullanılarak tasarlanmış ve üretilmiş takı örnekleri
(<https://capturemein3d.wixsite.com/ci3djewelry> [1 Aralık 2019])

2. BÖLÜM

3B YAZICI TEKNOLOJİSİ VE KUYUMCULUK ALANINDA KULLANIMI

2. BÖLÜM

3B YAZICI TEKNOLOJİSİ VE KUYUMCULUK ALANINDA KULLANIMI

2.1 3B Yazıcı Teknolojisine Genel Bir Bakış

3b baskı, bilgisayar programları, kimya ve robotik teknolojilerinin bir arada kullanılmasından oluşan bir üretim biçimidir. Bu üretim biçiminin 3b “baskı” olarak adlandırılmasını nedeni, dijital baskı makinelerinin temel özellikleri ve çalışma prensiplerine olan benzerliğidir. Ancak bu sistem sadece dijital yazıcılardan değil, CAD/CAM temelli CNC sistemlerinden de türemiştir.

Klasik CNC makinelerinin aksine bütün haldeki malzemenin kesilip, oyularak şekillendirilmesi değil, malzemenin çeşitli yöntemlerle, tabaka tabaka bir araya getirilmesi 3b baskıyı diğer CAM sistemlerinden farklı kılar. "Parçalar materyallerin tabakalar halinde eklenmesiyle yapılır"(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 2). 3b baskı ve eklemeli üretim (additive manufacturing, AM), bu üretim biçiminin genel kullanılan adıdır. Bunun yanı sıra hızlı prototipleme (rapid prototyping, RP) ve hızlı üretim (rapid manufacturing, RM) bu üretim biçimini tanımlamak için kullanılan terimlerdenidir.

Bu işlem şekli daha önce seri üretim de görülmemiş bir üretim biçimidir. Ham maddenin boşa harcanmadan kullanılmasını ve bir atölye gerektirecek kadar çok sayıdaki üretim aşamalarından kaçınılmasını sağlar. Daha önce üretilmesi mümkün olmayan veya çok zor olan birçok tasarımın seri üretiminin yapılabilmesi veya var olan tasarımlar üstündeki değişikliklerin herhangi ekstra bir işlem gerekmeden üretim aşamasına aktarılabilmesi, üç boyutlu yazıcıların getirdiği önemli kolaylıklardandır. Her sektörde, geleneksel yöntemlere kıyasla önemli bir üretim hızı sağlamaması ve bazen geleneksel yöntemlere kıyasla daha maliyetli olmasına rağmen, 3b baskı el işçiliği ve insan hatasının ortadan kaldırarak üretime kazanç sağlamıştır. "Şuanki 3b baskı teknolojileri mevcut fiyatlarla (hatta kaliteyle) rekabet edememektedir" (Kocovic, 2017: 79).

3b yazıcılar bilgisayar destekli otomasyon makineleri kullanarak, üç boyutlu üretim yapma çabası sonucu ortaya çıkmıştır. İlk olarak 1960'larda foto polimerler olarak bilinen sentetik reçine malzemeler kullanılarak 3b objeler üretilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, lazer ışınlarıyla sentetik reçinelerin polimerleştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. "Lazer ve fotopolimerler kullanılarak katı nesneler yaratmaya yönelik ilk girişim Battelle Memorial Enstitüsü'nde 1960'ların sonunda gerçekleşti" (Wohlers, 2005). Dijital 3b üretim araştırmaları sonucu, bu teknik çeşitli şekillerde geliştirilmiş ve dijital üretimde kullanılmaya çalışılmıştır.

Eklemeli 3b üretim teknolojisi ile ilgili ilk denemeler 1970'lerde görülmektedir. Dynell Electronics Corp. isimli şirket, bilgisayar ile oluşturulmuş iki boyutlu parçaları birleştirerek 3b objeler hazırlayan bir teknoloji geliştirmiş ve solid photography (somut fotoğraf) adı altında patent çalışmaları yapmıştır. "Buluş, bir freze makinesi veya lazer kullanarak bilgisayar kontrolü ile kesitlerin kesilmesini ve bir 3b nesne oluşturmak için kayıt altında istiflenmesini içeriyordu" (Wohlers, 2005).

Lazer ve fotopolimer reçineler kullanılarak, malzemenin kademeler halinde birleştirerek 3b modeller üretebilen bir makine üzerine ilk somut çalışma, Japonyalı Hideo Kodama tarafından yapılmıştır. Hideo Kodama 1981'de fotopolimer reçine kullanarak üretim yapabilen iki adet makine üretmiş ancak çeşitli sebeplerden dolayı patent sürecini tamamlayamamıştır. Patentli bir ürün ortaya çıkaramamış olmasına rağmen, Hideo Kodama'nın çalışmaları birçok kaynak tarafından AM ve SLA sistemlerinin ilk adımı olarak kabul edilmektedir. (<https://www.google.com.tr/search?q=hideo+kodama>).

İlk alınan SLA patenti, Amerikalı mucit Charles Hull'a aittir. 1983'de Charles Hull sentetik reçineyi lazer kullanarak, tabakalar halinde polimerleştirmek sureti ile 3b objeler oluşturmayı başarmış ve stereolithography (SLA) adı altında patentini almıştır. Daha sonra 1986 yılında "3d systems" adında bir şirket kuran Hull, 1988 yılında ilk ticari SLA 3b yazıcıyı üretmiştir (Jordan, 2019: 57).



Şekil 24: 3d systems SLA 1 yazıcı

(Baughman, vd, 2017: 2)

SLA yazıcılar ortaya çıkarken, SLS (selective laser synthering) adında yeni bir teknoloji de ortaya çıkmaya başlamıştır. Aynı süreç içerisinde FDM adı verilen yeni nesil bir yazıcı da geliştirilmeye başlanmıştır. Günümüzde ençok bilinen 3b yazıcılar olan, FDM (fused deposition modelling) yazıcıların ilk ortaya çıkışı 1988’de görülmektedir. Scott Crump adınadaki mucit, termoplastik malzemeyi bir nozel vazıtası ile eritip üst üste yığarak 3b modeller oluşturabilen bir sistem geliştirmiş ve FDM adı altında patentlemiştir. Scott Crump’ın FDM teknolojisi ticari olarak en popüler 3b yazıcı teknolojisi olmayı başarmıştır. FDM yazıcılar, göreceli olarak ucuz maliyetleri nedeni ile günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır. (Kocovic, 2017: Bölüm 1)

Austin Teksas’da, Carl Deckard ve Joe Beaman toz halindeki termoplastik malzemeyi, lazer kullanarak tabakalar halinde birleştiren bir sistem geliştirmiştir. 1989’da aynı kişiler Paul Forderhase adlı bir kişi ile beraber Nova Automation adlı bir firma kurmuş ve ilk SLS yazıcıları üretilmeye başlamıştır. İlk ticari SLS yazıcı olan Sinterstation 125, 1990’da üretilmiştir ve böylece 3b yazıcıların doğrudan üretim de kullanılmasının ve bu amaca yönelik yeni nesil yazıcıların geliştirilmesinin önü açılmıştır. (Gebhardt, Heotter, 2016: 153-154)

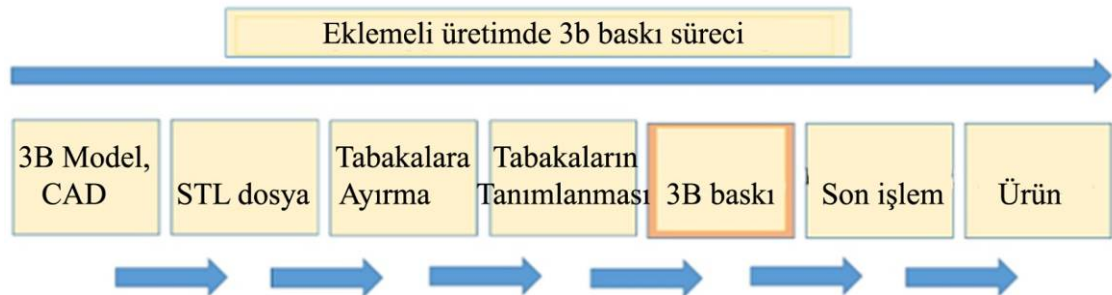
2.2 3B Yazıcılar ile Üretim Süreci

3b baskı ile üretimin temeli dijital tasarımıdır. Bu süreç makinenin basacağı modellerin dijital ortamda çeşitli şekillerle oluşturulması ile başlar. İlk olarak ürünler, 3b tasarım programların da tasarlanır. Bu tasarımlar yapılırken kullanılacak makinenin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. 3b çıktısı alınacak tasarımın, baskı makinesinin işleyebileceğinden daha küçük detaylara sahip olması veya obje boyutlarının makinenin baskı alanını aşan boyutlarda olması, hatalı üretime, ürün kalitesinin bozulmasına veya üretimin gerçekleşmemesine neden olabilir.

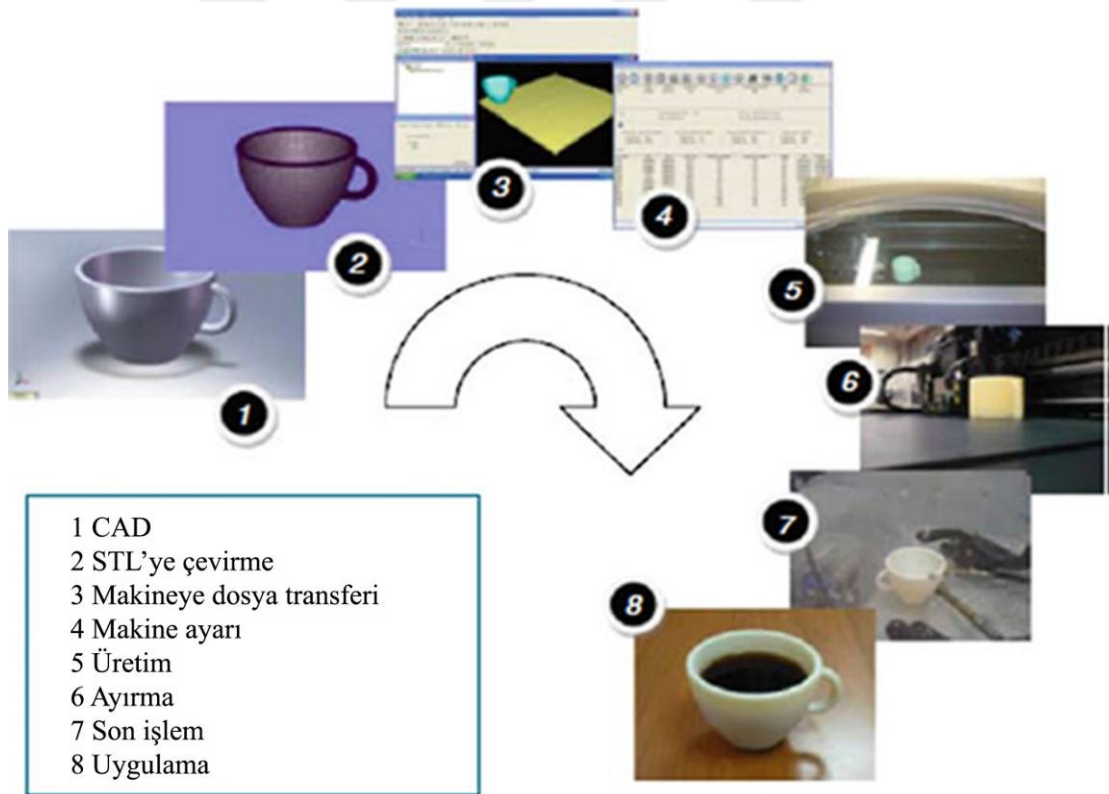
Dijital tasarım baskıya uygun özelliklerde hazırlandıktan sonra, dosya formatı baskı makinesinin algılayabileceği bir formata dönüştürülmelidir. 3b baskıda kullanılan standart format stl. formatıdır. "Bu dosya orijinal CAD modelinin dış kapalı yüzeylerini açıklıyor ve dilimleri hesaplamanın temelini oluşturuyor"(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 4). Stl. formatının 3b baskı makinesi tarafından kullanılabilmesi için önce g-code a çevrilmesi gerekmektedir, bunun için slicing denilen kısa bir hazırlık işlemi yapılır. Baskıdan önce yapılan bu hazırlık işlemi stl. formatındaki 3b modeli 2b katmanlara böler ve her katmanı, yazıcının algılayabileceği, g-code olarak bilinen kod sistemine çevirir. G-code baskı kafasının veya eşdeğer aparatların, baskı tablası üzerinde izleyeceği koordinatları, makine parçalarının ısılarını ve benzeri fiziksel özelliklerini ayarlayan, işlemin başlangıcını ve bitişini sıralı olarak içeren bir dizidir. (Kocovic, 2017: 35-36)

Tablo 1: 3b baskı aşamaları

(André, 2017: 190)



G-code'un yazıcıya aktarılması ve başlat komutunun verilmesi ile 3b baskı işlemi başlar. Baskı sürecinde genellikle herhangi bir insan müdahalesi gerekli değildir. "AM makinesiyle üretim genellikle tek bir adımda gerçekleştirilir " (Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 9) Baskı işlemi başlamadan önce, makinenin özelliklerine bağlı olarak ortam ısısının, temizliğinin ve bazı makineler için ortam ışığının, uygun olarak ayarlanması ve baskı süreci boyunca stabil olmasının sağlanması yeterlidir. Baskı tamamlandıktan sonra, çıktı baskı haznesinden alınır. Üretim sırasında çıktının fiziksel olarak oluşturulabilmesi için tasarıma dahil olmayan birtakım çıkıntılar ve destek ayakları çıktı üstünde mevcut bulunmaktadır. Bunların temizlenmesi için son bir bitirme işlemi gereklidir. Çeşitli şekillerde bu fazlalıklar alınır. Ürünün özelliklerine göre alınan çıktı bir sonraki üretim aşamasına iletilir veya boya, cila, vb. gibi son bitirme işlemleri yapılarak ürün hazır hale gelir.



Şekil 25: Genel 3b baskı süreci
(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 5)

2.3 3B Yazıcılarda Kullanılan Malzemeler

Malzeme bakımından incelenecek olursa, 3b baskı teknolojisi baskı makinelerinin teknik nitelikleri ile sınırlandırılmış gözükmetedir. Metal, plastik, seramik ve benzeri seri üretimde kullanılabilen birçok malzeme, 3b yazıcılarda da kullanılabilmektedir. Ancak bu malzemelerin kullanılabilmesi için çoğunlukla 3b yazıcılara özel teknik yapılarda hazırlanmış olmaları gerekmektedir. "Teknolojiyi daha iyi anlamaya başladığımızda, malzemeler özellikle AM süreçlerine uyacak şekilde geliştirildi"(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 28).

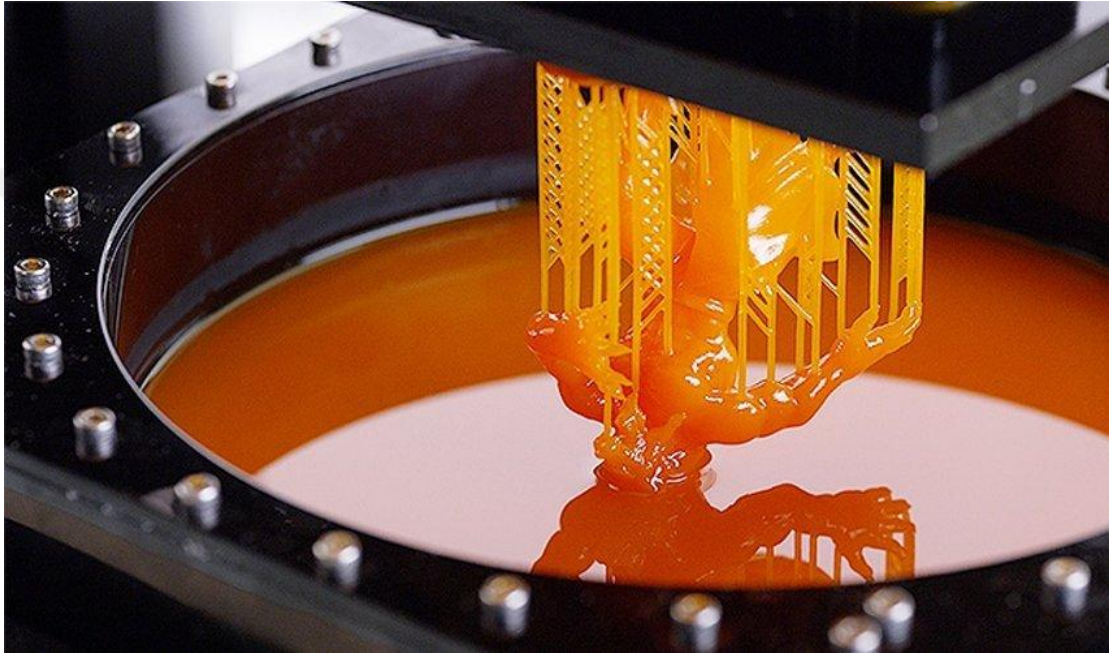
Tablo 2: 3b yazıcı türleri ve kullanıla bilen malzemelerin şablonu
(André, 2017: 240)

İşlem	TP polimer Termoplastik	TD polimer Isı ile sertleşen	Metal	Seramik	Çoğul Malzemeler
SLA	+		+ C	+ C	
FDM/FFF	+		=		
SDL	+	+ (kağıt)	=	=	=
SC	+	+	+	+	=
3DP/BJ	+	+	=	+	=
SIR	+	+	+ C	+ C	
SLS/SLM	+		+++	+	
EBM/LMD/ CLAD/MPA			+++		

2.3.1 Yapay Reçineler ve Plastik Malzemeler

3b yazıcıların ortaya çıkışında ilk kullanılan malzeme fotopolimerler olmuştur. Bu malzemeler ışık ile katılaşılarak polimer hale gelen çeşitli sıvı plastik türleri ve sentetik reçinelerdir. Malzeme haznesi içerisinde sıvı halde bulunan bu maddeler, uygulama sırasında ultraviyole ışınlarına maruz bırakılarak katı hale gelir. Bu özellik

objelerin katmanlar halinde inşa edilmesini sağlar. Çok çeşitli renkler, saydamlıklar, sertlikler ve erime derecelerine sahip fotopolimer malzemeler vardır. Bu malzemeler kavramsal modeller, protezler ve cihaz parçaları gibi son kullanım ürünleri yanı sıra, döküm amaçlı modeller üretmekte de kullanılabilir. (Gebhardt, Heotter, 2016: 118, 124, 131, 135, 139-140, 145)



Şekil 26: Kullanım aşamasında fotopolimer malzeme

([https://themicro3d.com/wp-content/uploads/2019/04/ Guide-to-Stereolithography-SLA-in-3D-Printing.jpg](https://themicro3d.com/wp-content/uploads/2019/04/Guide-to-Stereolithography-SLA-in-3D-Printing.jpg) [7 Kasım 2019])

SLS ve FDM yazıcıların ortaya çıkması ile, PLA ve PBS gibi termoplastikler de RP üretimde kullanılmaya başlanmıştır. Belirli ısıda sıvı veya yarı katı hale gelebilen ve uygulama sırasında donarak katmanlar oluştururken özelliklerini koruyabilen plastik malzemeler 3b baskı üretimde kullanılmaktadır. Filament veya toz halindeki değişik erime derecelerine ve sağlamlıklara sahip plastik, akrilik ve benzeri diğer malzemeler farklı amaçlarda, çeşitli sektörlerde kullanılabilir. (Gebhardt, Heotter, 2016: 160, 172, 238, 242-243,266)



Şekil 27: Termoplastik filamentler

(<https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1CqzX XffsK1RjSszg q6yXzpXaM/Wholesale-anet-1-75MM-3d-printer-filament.jpg> [9 Kasım 2019])

2.3.2 Metal Malzemeler

SLS’de ilk başta termoplastikler kullanılmış daha sonra bunların toz halindeki metaller ile karışımları kullanılmaya başlanmıştır. Çalışma ısısı nedeni ile ilk başta bağlayıcı malzeme içeren metal/polimer karışımları ve kaynak malzemesi benzeri düşük ısıda eriyen metaller içeren karışımlar kullanılmıştır.

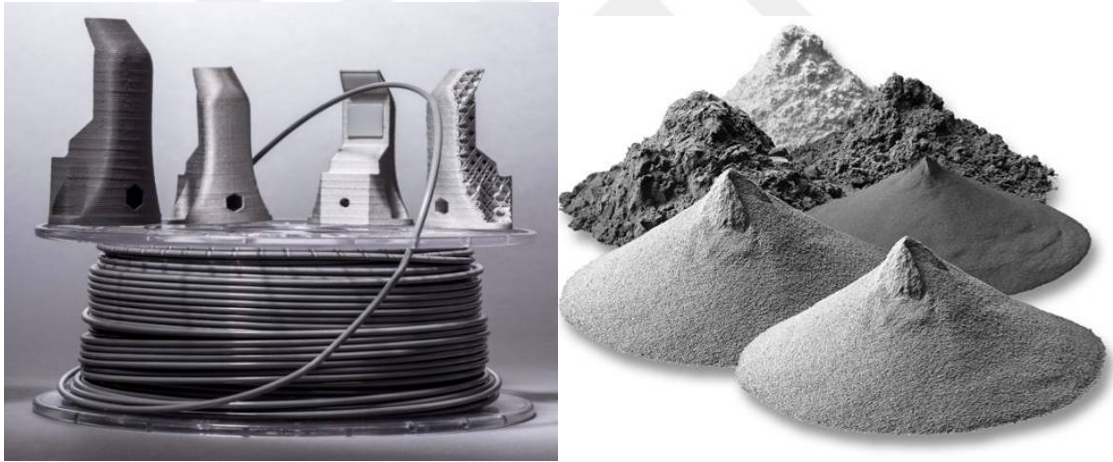


Şekil 28: Çoklu elemanlı metal malzeme illüstrasyonu

(Gebhardt, Heotter, 2016: 61)

Geliştirilmiş SLS, SLM, DED, EBM ve benzeri çeşitli 3b yazıcılar toz veya tel halindeki çeşitli metalleri, doğrudan metal obje oluşturmakta kullanabilir. Düşük erime derecesine sahip olduğu için alüminyum, 3b baskı da ilk kullanılan metal malzeme olmuştur. Daha sonra bronz, bakır, paslanmaz çelik ve farklı alaşımlar da kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde titanyum gibi kullanımı zor, çok yüksek ısılar gerektiren veya ısıt işlemleri tehlike teşkil eden metal alaşımları ve değerli metaller de RM üretim teknolojisinde kullanılabilir. (Gebhardt, Heotter, 2016: 162, 173, 179, 208)

3b yazıcılarda kullanılan metal malzemeler çoğunlukla toz hale getirilmiş standart metal alaşımlarıdır. Bu ince taneli metal tozlar özel bir ısıt işlem uygulanarak hazırlanırlar. Bu yüzden de standart formdaki metallerle karşılaştırıldığı zaman bu tozlar oldukça maliyetli malzemelerdir. Metalleri "filament" olarak da adlandırılan teller halinde kullanabilen yazıcılar da mevcuttur.



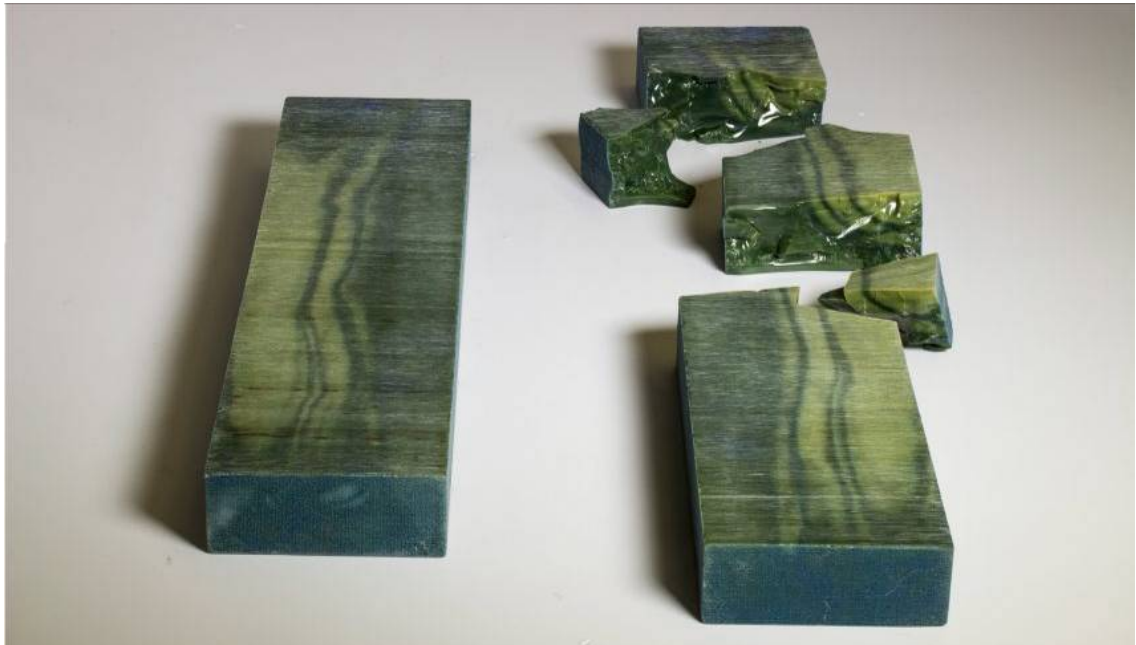
Şekil 29: Metal filament (solda) ve metal toz (sağda)

(<https://www.sharebot.it/en/sharebot-metalone-dmls/>) [11 Kasım 2019]

(<https://3dprinting.com/news/ultrafuse-316l-a-metal-polymer-composite-for-fff/> [11 Kasım 2019])

2.3.3 Kompozit Malzemeler

3b baskıda çoğunlukla tek tip malzemeler kullanılması, bu teknolojinin sadece tek malzemeli üretim yapabilmesi anlamına gelmemektedir. 3b baskı makineleri ile birçok kompozit yapıdaki malzeme de kullanılabilir. Polimer/metal karışımları, sentetik reçine veya yapıştırıcılarla bir arada kullanılan çeşitli orman ürünleri, taş ve maden tozları, PMC olarak da bilinen metal çamurları bazı kompozit malzeme örnekleridir. Kompozit malzemeler katı, sıvı ve yarı katı birçok formda bulunmaktadır. Katı kompozitler genellikle filament ve tozlar halinde kullanılır. Sıvı halde bulunan kompozitlere örnek olarak, seramik tozu karıştırılmış fotopolimer reçineler veya MJ yazıcılarda kullanılabilen sıvı plastik/metal tozu karışımları gösterilebilir. Genellikle FDM yazıcılar ile kullanılan birtakım macun veya çamur karışımları, yarı katı kompozit malzeme örneklerindendir. Bazı kompozit ürünler, fırınlama benzeri çeşitli bitirme işlemleri ile daha homojen hale getirilebilir. MJ, FDM, SLS, BJ yazıcı türlerinde bu üretim malzemeleri kullanılabilir. (Gebhardt, Heotter, 2016: 199,407)



Şekil 30: Kompozit malzeme kullanılarak oluşturulmuş 3b baskı örneği

(<https://www.dezeen.com/2019/01/04/3d-printed-wood-columbia-university/> [14 Kasım 2019])

2.3.4 Diğer Malzemeler

FDM teknolojisindeki geliştirmeler sayesinde seramik, beton ve kil gibi çamur halindeki malzemelerden objeler üretilmiştir. Daha sonra yüksek ısılı malzeme hazneleri olan FDM yazıcıların geliştirilmesi ile cam da 3b yazıcılarda kullanılabilen malzemelerin arasına katılmıştır. Değişik özelliklere sahip 3b yazıcılar toz haldeki çeşitli silika ve zirkon kumlarını kullanarak seramik ve benzeri ürünler üretebilmektedir. Beton malzeme genellikle yapı ve inşaat sektörü tarafından doğrudan üretim yapma amaçlı kullanılır. Seramik ve cam kullanılarak dekoratif veya kullanım amaçlı ürünler yapılabilirken, çeşitli silika kumları ve seramik benzeri karışımlar, metal döküm kalıplarının üretiminde de kullanılabilir. Döküm işlemlerinde kullanılmaya yönelik petrol mumları da 3b baskıda kullanılan diğer malzemelerdendir. FDM ve MJ yazıcılarda özellikler döküme yönelik modeller oluşturmak için bu malzeme kullanılabilir. Fazla tercih edilmemesine rağmen kağıt türevi malzemeler de LOM yazıcılar vasıtası ile kullanılabilir. Tıbbi amaçlı bir takım 3b yazıcılar ile çeşitli canlı dokular kullanılarak, yapay doku veya organ üretildiği de bazı kaynaklarda belirtilmiştir. (Gebhardt, Heotter, 2016: 175, 256)



şekil 31: 3b baskıda beton kullanımı

(<http://www.futureofstructures.com/featured/3d-printed-geopolymer-concrete/> [14 Kasım 2019])

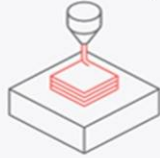
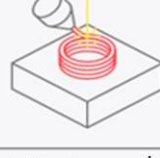
2.4 Çalışma Prensiplerine Göre 3B Yazıcı Teknolojileri ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı

3b baskı teknolojisi, sürekli gelişmekte olduğu için devamlı yeni terimler ve yazıcı türleri ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden de söz konusu teknolojiyi kategorilere ayırmak için, yazıcıların temel çalışma prensipleri göz önünde bulundurularak bir sınıflandırma yapılmıştır.

İlk başta SLA, FDM ve SLS olarak üç kategori mevcut iken, yeni modellerin ortaya çıkması ile bu kategoriler alt kategori haline gelmiştir. Yeni sınıflandırma çoğunlukla VP, PBF, ME, SL, MJ, BJ ve DED olarak yedi kategori altında yapılmaktadır. (Gibson, Rosen, Stucker, 2015: Bölüm 3.3, Kocovic, 2017: Bölüm 3, Gebhardt, Heotter, 2016: Bölüm 2.5, Barnatt, 2016: Bölüm 2)

Bu yazıcıların hemen hepsinin takı yapımında kullanılabilme potansiyeli vardır. Ancak kullanım şekli, malzemesi ve maliyetleri nedeni ile mücevher ve kuyumculuk alanında, sınırlı sayıda 3b yazıcı türü tercih edilmektedir. ME, BJ ve nadir olarak SL yazıcılar yarı profesyonel ve deneysel takı üretiminde kullanılırken profesyonel mücevher sektöründe çoğunlukla tercih edilmemektedir. Kullanılan malzeme ve çıktı kalitesi nedeni ile VP, MJ ve maliyeti nedeniyle genellikle tercih edilmemekle beraber PBF metal yazıcılar mücevher sektöründe sıklıkla kullanılan yazıcılardır. Özellikle MJ yazıcılar üretim kalitesinin ve ihtiyaç duyulan malzeme çeşitlerinin VP yazıcılarla nerdeyse aynı olması ve VP yazıcılara kıyasla daha az maliyetli olmaları nedeni ile profesyonel mücevher sektöründe çoğunlukla rağbet görmektedir.

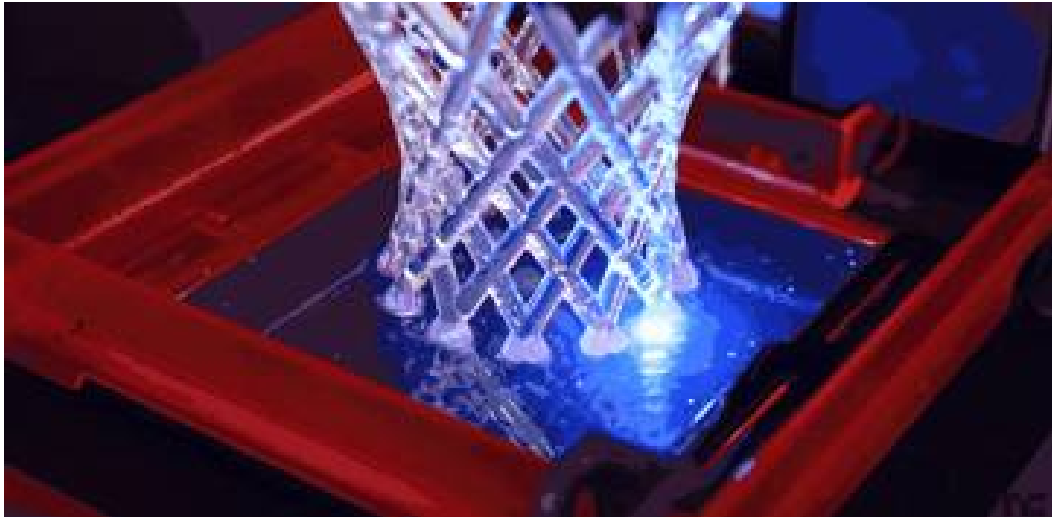
Tablo 3: 3b yazıcı çeşitlerinin şeması
(Garre, Redwood, Schöffner, 2017: 20-21)

Süreç	Açıklama	Teknolojiler
Malzeme Yığılma Material Extrusion (ME) 	Malzemenin bir uç veya ağız içinden seçici olarak dağıtıldığı eklemeli üretim sürecidir.	Fused Filament Fabrication (FFF), more commonly referred to as Fused Deposition Modeling (FDM)
Fotopolimerizasyon Vat Photopolimerization (VP) 	Bir tekne içerisindeki sıvı fotopolimerin ışıkla aktive olan polimerleşme ile kürlendiği eklemeli üretim sürecidir.	Stereolithography (SLA), Direct Light Processing (DLP)
Toz Yatak Füzyon Powder Bed Fusion (PBF) 	Termal enerjinin seçici olarak toz yatağının belirli bölümlerini birleştirdiği eklemeli üretim sürecidir.	Selective Laser Sintering (SLS), Direct Metal Laser Sintering (DMLS), Selective Laser Melting (SLM), Electron Beam Melting (EBM)
Malzeme Püskürtme Material Jetting (MJ) 	Malzeme damlalarının seçici olarak üretim tablasına aktarıldığı ve kürlendiği eklemeli üretim sürecidir.	Material Jetting (MJ), Drop On Demand (DOD)
Yapıştırıcı Püskürtme Binder Jetting (BJ) 	Sıvı bir yapıştırıcının seçici olarak toz yatağının bölgelerini yapıştırdığı eklemeli üretim sürecidir.	Binder Jetting (BJ)
Doğrudan Enerji Birikimi Direct Energy Deposition (DED) 	Odaklanmış termal enerjinin malzemeleri aktarılma sırasında erittiği eklemeli üretim sürecidir.	Laser Engineering Net Shaping (LENS), Laser-Based Metal Deposition (LBMD)
Tabaka Laminasyon İşlemi Sheet Lamination Process (SLP) 	Malzeme tabakalarının bir parçayı oluşturmak için bir araya getirildiği eklemeli üretim sürecidir.	Ultrasonic Additive Manufacturing (UAM), Laminated Object Manufacturing (LOM)

2.4.1 Fotopolimerizasyon (Vat Photopolimerisation) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı

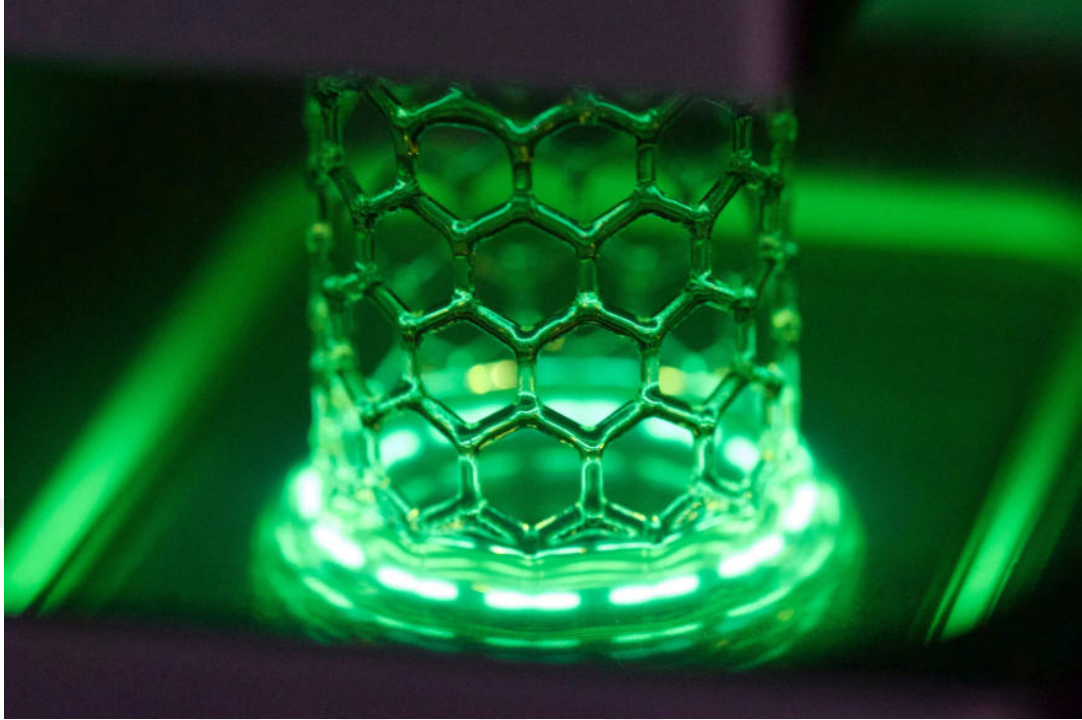
"Fotopolimerizasyon işlemleri, radyasyonla kürlenebilen sıvı reçineler veya fotopolimerleri birincil malzemeleri olarak kullanır. Çoğu fotopolimer, ultraviyole (UV) dalga boyu aralığındaki radyasyona tepki verir, ancak bazı görünür ışık sistemleri de kullanılır. Işınlama üzerine, bu malzemeler katı hale gelmek için kimyasal reaksiyona girerler. Bu reaksiyon fotopolimerizasyon olarak adlandırılır, tipik olarak karmaşıktır ve birçok kimyasal katılımcıyı içerir" (Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 63)

VP çalışma prensibini basitçe açıklamak gerekirse sistem, ışınları seçici olarak veren bir yansıtıcı, içinde sıvı reçineyi bulunduran malzeme havuzu ve havuzun içinde bulunan üretim tablasından oluşur. Malzeme havuzu içinde bulunan üretim tablası, yüzeyinde gerekli miktarda reçine kalacak kadar havuzun içine indirilir. Seçici olarak UV ışını verilir ve bir katman reçine polimer hale gelir. Tabla, her katman polimerleştikçe bir kademe aşağı (veya yazıcının tipine bağlı olarak yukarı) doğru hareket eder. UV ışını bir sonraki katmanı katı hale getirecek şekilde tekrar uygulanır, bu döngü model tamamlanana kadar devam eder.



Şekil 32: SLA üretim süreci

(<https://all3dp.com/2/dlp-vs-sla-3d-printing-technologies-shootout/> [27 Kasım 2019])



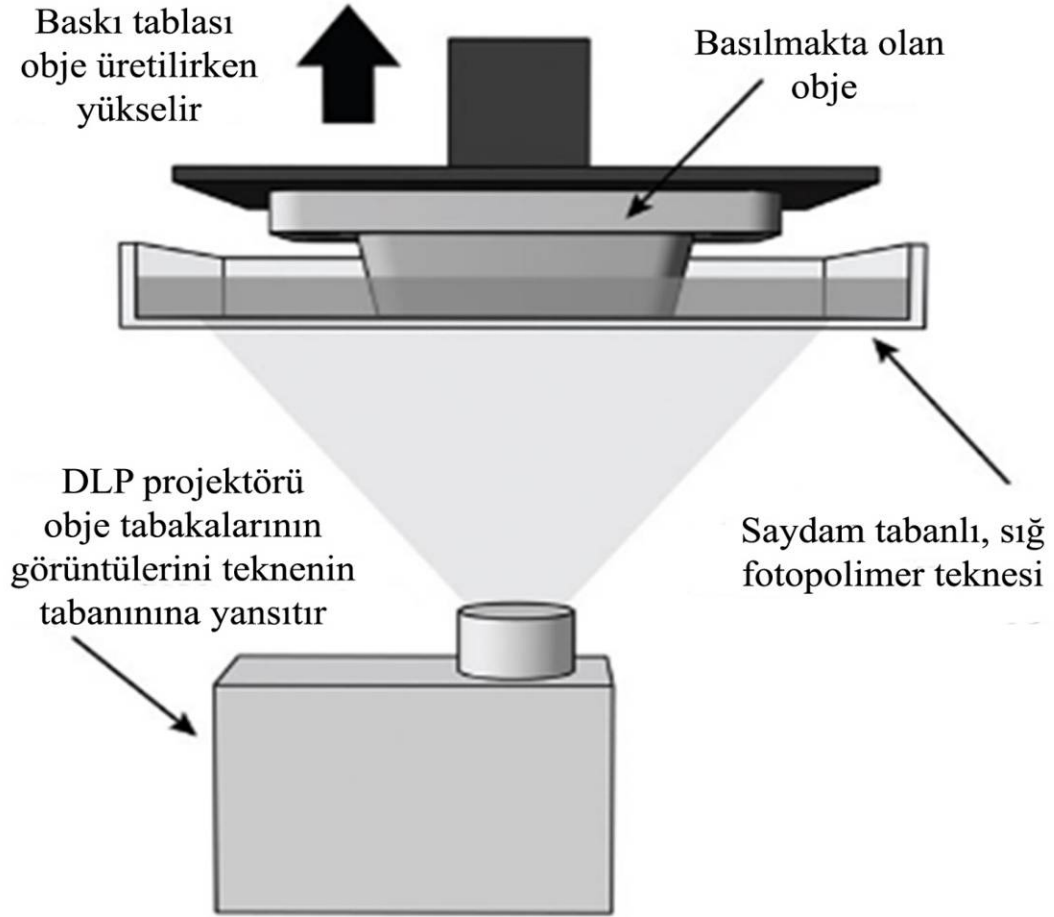
Şekil 33: DLP üretim süreci

(<http://nbww.com/autodesk-invests-10m-in-carbon3ds-advanced-3d-printing-technology-architect-magazine-3d-technology-technology-manufacturers-fabrication-alternative-materials-3d-printers-3d-printing-carl/> [27 Kasım 2019])

Bu tip yazıcılar, ilk ortaya çıkan 3b yazıcı türüdür. SLA yazıcılar üretim hızı, kullanılan malzeme ve benzeri nedenlerden dolayı yeni VP teknolojilerine kıyasla geri kalmıştır ve pek tercih edilmezler.

SLA teknolojisini daha hızlı hale getirmek için yeni çözümler aranmış ve DLP sistemi ortaya çıkmıştır. Bu yazıcılar hakkında, SLA yazıcıların geliştirilmiş olduğunu söylemek doğru olacaktır. SLA yazıcılar gibi, bu yazıcılar da fotopolimer reçine kullanır. Ancak SLA da olduğu gibi UV ışınları noktasal olarak yansıtılmaz. Bunun yerine, malzeme teknesi altındaki saydam yüzeyden, bir ürün kesitinin tüm görüntüsü ışın halinde yansıtılarak üretim gerçekleşir. Bütün bir katmanın ve bazı modellerde birden çok katmanın polimerleştirilmesi DLP ile mümkündür. Daha sonra bu sistem üzerinde inovasyon yapılarak CLIP veya CDLP olarak bilinen bir sistem geliştirilmiştir. Bu teknolojinin DLP den tek farkı, ışık yansıtılan tekne tabanının, göz lensleri gibi,

oksijen geçirebilen bir malzemedan yapılmış olmasıdır. Bu özellik üretim hızını kayda değer miktarda artırır "CLIP bir hız avantajına sahiptir"(Jordan, 2019: 58).

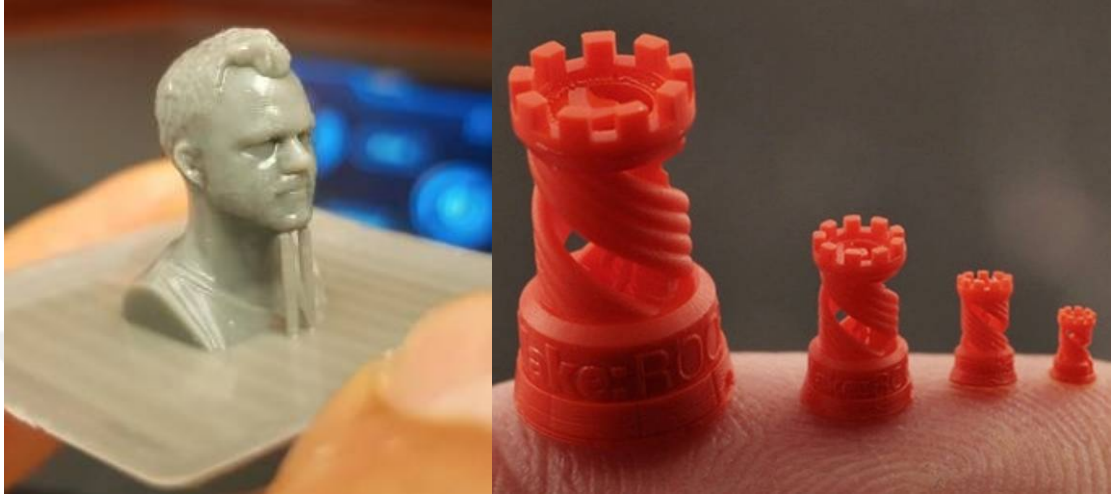


Şekil 34: DLP üretim süreci

(Barnatt, 2016: 44)

Fotopolimerizasyon 3b yazıcılar, düzgün yüzeyli ve yüksek çözünürlüklü çıktı alma özelliğine sahip oldukları için, döküm amaçlı modeller, medikal cihaz parçaları ve protezler gibi yüksek çözünürlüklü objelerin üretiminde kullanılırlar. Üretimde yaygın olarak kullanılan malzeme, fotopolimer olarak bilinen sentetik reçineler olmuştur, ışığa duyarlı bir takım akrilik ve benzeri plastik türevi çözeltiler de kullanılmaktadır. Doğrudan üretimde kullanılabilen malzemelerin niteliklerinden dolayı VP yazıcılar medikal alanında da tercih edilmektedir. "SLA / DLP reçineleri sterilizasyon işlemlerine

dayanacak ve ayrıca bir miktar biyo uyumluluk sunacak şekilde özel olarak tasarlanmıştır"(Garre, Redwood, Schöffner, 2017: 285).



Şekil 35: VP teknolojileri ile üretilmiş modeller

(<https://all3dp.com/2/the-smallest-3d-printed-things/>)(<https://www.flashforge-eu.com/info/2017/08/09/the-smallest-daniel-noree-3d-printed-on-hunter/> [27 Kasım 2019])

Bu teknoloji, malzeme masrafı ve kullanılan materyal türünün sınırlı olması nedeniyle belli başlı bazı sektörler haricinde tercih edilmemektedir. SLA, DLP ve CDLP yazıcıların hepsi malzeme havuzu ile üretim yapmaktadır. Bu özellik, üretilecek modellerin genel hacminden çok daha fazla hammaddenin, üretim haznesinde bulunmasını gerektirmektedir. Buna ek olarak her kullanımdan sonra, artan malzemenin kalitesinin bozulması, artık malzemenin sınırlı sayıda tekrar kullanılabilmesine neden olmaktadır. Dolayısı ile malzeme israfı söz konusudur.

Diğer birçok sektörde olduğu gibi kuyumculuk sektörüne de 3b yazıcılar adapte edilmektedir. Bu sektörde çoğunlukla kompozit yapılar üretebilen teknolojik 3b yazıcılar yerine, tek malzemeli fakat yüksek çözünürlüklü çıktılar alabilen yazıcılar tercih edilmektedir. Bunun nedenleri kısaca, maliyet, üretim hızı ve ürünlerin işlevsellikten çok görüntüye yönelik olması olarak açıklanabilir. Mücevher sektörünün talep ettiği küçük boyuttaki tasarımları üretmek, bu iş için özel tasarlanmış 3b yazıcılar gerektirir. VP yazıcılar, bu sektörde talep edilen küçük ve detaylı ürünlerin 3b baskısını mümkün hale getirmiştir.

Kayıp mum döküm tekniği, mücevher seri üretiminin en verimli tekniğidir. Bu üretim biçiminde, düşük ısıda eriyebilen petrol mumları kalıp oluşturmakta kullanılır. İstenilen tasarım bu mumlardan oyularak kalıp modeli oluşturulur. Daha sonra bu mum modeller, kanallarla birbirlerine bağlanacak şekilde çoklu olarak bir kaba dizilir ve etrafları alçı, seramik gibi ısıya dayanıklı maddelerle kaplanarak, içlerine erimiş metal dökülecek olan negatif kalıplar oluşturulur. Döküm tekniği geleneksel yöntemlerle uygulandığında, bu döküm kalıbı modelleri, yetenekli işçilerin el emeği ile oluşturulmakta veya mevcut ürünlerin silikon kalıpları kullanılarak, mevcut modeller çoğaltılmaktadır. İşte 3b yazıcılar tam olarak bu kalıp modellerinin üretiminde kullanılabilmektedir.



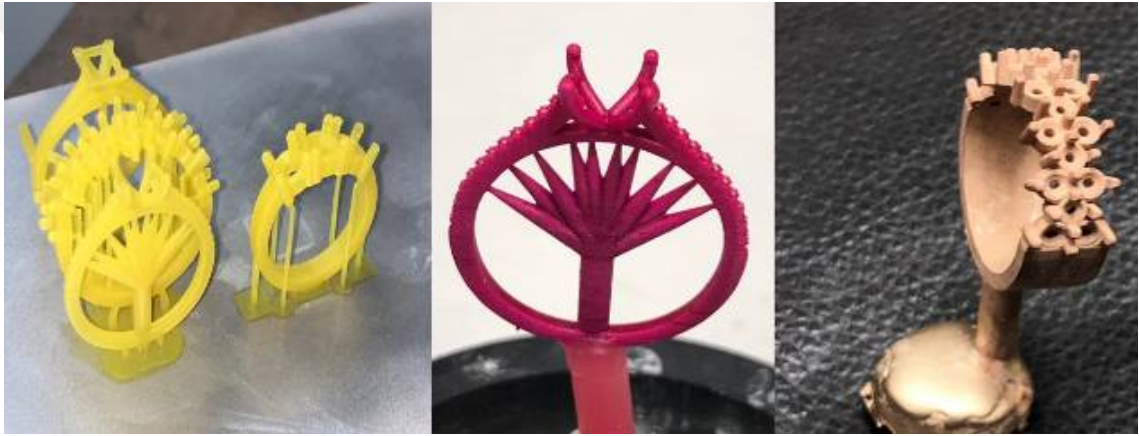
Şekil 36: DLP tipi bir yazıcı ile üretilmiş mum kalıp

(<https://3dprint.com/69344/envisiontec-wax-era/> [29 Kasım 2019])

Kalıp modelleri oluşturmakta ışığa duyarlı reçinenin seçici olarak ışığa maruz bırakılması prensibiyle çalışan VP yazıcılar kullanılabilmektedir. Bu yazıcılar diğer yazıcılar gibi nozul olarak bilinen aparatlarla malzeme besleme veya benzeri fiziksel birleştirme yöntemleri kullanmazlar. Sıvı reçineyi ışık ile katı hale getirerek üretim yaptıklarından ötürü, çok yüksek çözünürlüklü modeller üretebilirler. VP yazıcılar ile mum kalıp üretiminde, az kalıntı bırakan, süblimleşme özelliğine sahip özel sentetik

reçineler kullanır. Bunun yanı sıra, geleneksel mum kalıp çoğaltma tekniklerini uygulama amaçlı negatif kalıplar veya silikon kalıp alma amaçlı modeller, yüksek ısı dayanımı olan reçineler kullanılarak hazırlanabilmektedir.

Profesyonel olarak döküm kalıbı modelleri oluşturmak için kullanılan VP yazıcılar, alternatif olarak plastik takı üretimin içinde kullanılabilmektedir. Medikal protezlerin üretiminde kullanılan sıhhi reçineler, hijyenik plastik takılar yanı sıra piercing vb. sıhhi malzeme gerektiren takıların da ucuz bir şekilde plastikten üretilme potansiyelini barındırmaktadır.

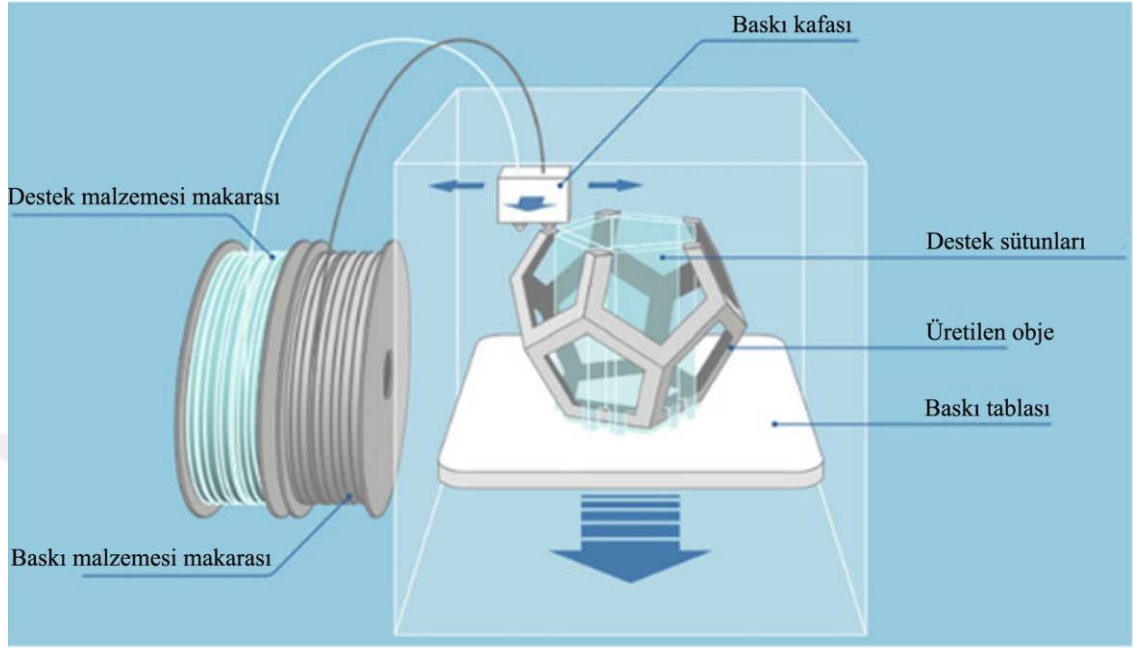


Şekil 37: VP yazıcılarla üretilmiş döküm amaçlı modeller

([https://www.3dresyns.com /pages/direct-investment-casting-for-jewelry](https://www.3dresyns.com/pages/direct-investment-casting-for-jewelry) [29 Kasım 2019])

2.4.2 Malzeme Yığma (Material Extrusion) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı

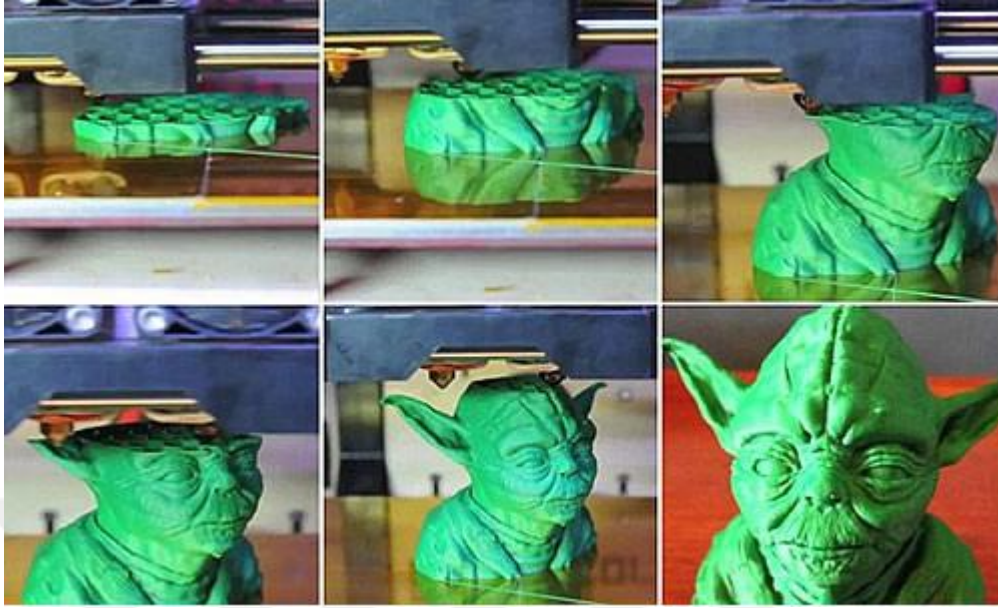
Malzeme yığma modelleme (ME) olarak da tabir edilen teknoloji, malzemelerin kullanım şekli, üretim hızı ve bireysel olarak edinilebilmesi bakımından, diğer teknolojilerden ayrılmaktadır. ME yazıcılarında, nozul adı verilen bir aparat vasıtası ile malzeme katman katman üretim tablasına serilerek üretim yapılır. İlk katman oluşturulduktan sonra, yazıcının özelliğine bağlı olarak, nozul veya üretim tablası bir kademe hareket eder ve sonraki katman bir öncekinin üstüne yığılır. Bu döngü model tamamlanana kadar devam ederek üretim sağlanmış olur.



Şekil 38: FDM çalışma prensibi

(Baughman, vd, 2017: 6)

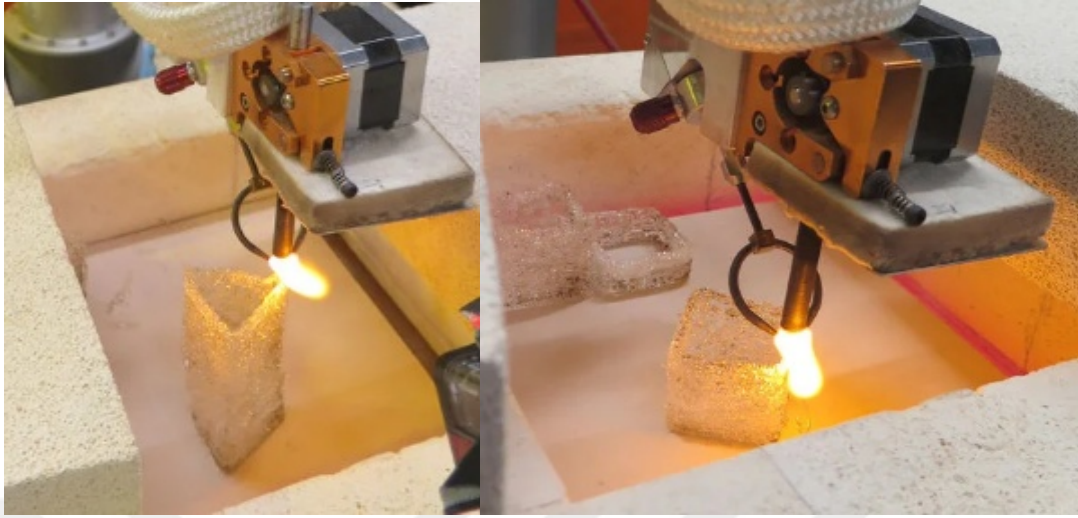
Genellikle malzeme yığma yazıcılar düşünüldüğünde makaraya sarılı termoplastik malzemeyi alıp bir ısıtıcı haznesine, oradan da çıkış başlığına aktaran ve çıkış başlığından üretim tablasına malzeme yığılarak seri modelleme yapan ME yazıcılar akla gelir. Özellikle termoplastik filament kullanan FDM yazıcılar, düşük yazıcı ve malzeme fiyatları, yazıcı sisteminin basit ve güvenli olması nedeni ile kullanılan en yaygın 3b yazıcı türü olmuştur. Başlangıç seviyesindeki kullanıcılar ve basit modeller oluşturarak 3b teknolojisini öğrenmeyi amaçlayanlar bu yazıcıları tercih etmektedir. Plastik ME yazıcılarla oluşturulan ürünlerin fiziksel dayanımı zayıftır, bu yüzden de fiziksel stres dayanımı gerektiren cihaz ve makine parçaları gibi profesyonel üretimlerde tercih edilmezler. (Jordan, 2019: 59-62)



Şekil 39: FDM termoplastik obje üretim süreci

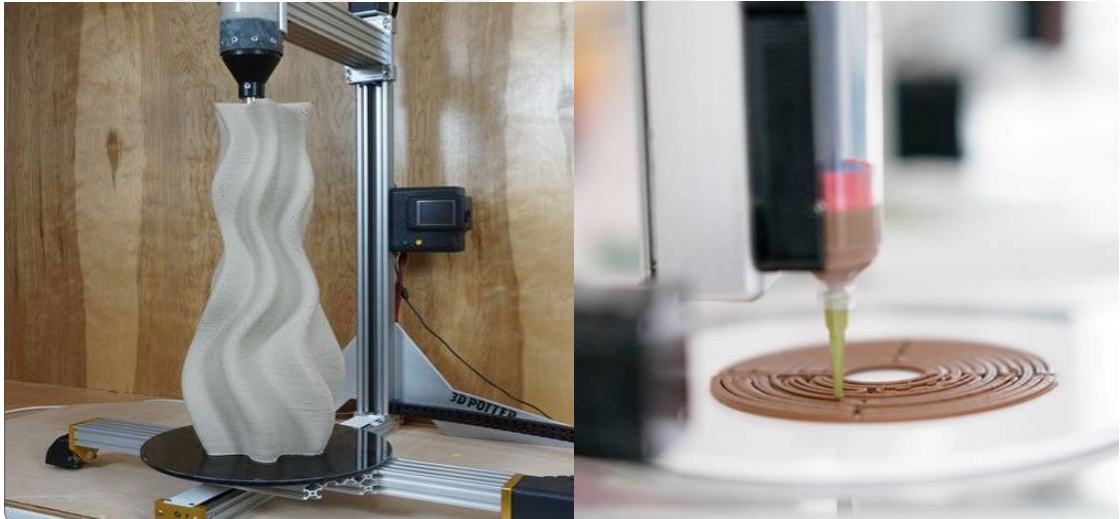
(<https://cadcamstuff.com/3970/6-things-solidworks-users-should-know-about-3d-printing/> [3 Aralık 2019])

ME termoplastik modellerin üretilmesi ile sınırlı değildir. "FDM terimi daha sonra termoplastiklerin ekstrüzyonunu ifade etmek için yaygın olarak kullanılır (ve yanlış kullanılır) hale gelmiştir"(Barnatt, 2016: 24). Aynı sistemim nozul ve malzeme beslemeleri modifiye edilerek, seramik, beton, cam, yiyecek ve metal içeren ürünler oluşturulabilir. Elektrik ve plazma kaynağı aparatlarıyla geliştirilmiş FDM tipi makinelerle metal teller kullanılarak, metal ürünler üretilmektedir. Kullanılan malzemeye göre ürünler tesviye, kimyasal yıkama ve fırınlama gibi değişik son işlemlere ihtiyaç duyabilir. Sadece belirli bir tip üretimi yapma amaçlı, özel olarak geliştirilmiş birçok ME yazıcı mevcuttur. Bu yazıcılar cam, seramik, mücevher ve elektronik gibi (ve bununla sınırlı olmamak üzere) birçok sektörde kullanılabilir.



Şekil 40: Cam ürün hazırlayan bir FDM yazıcı

(<https://www.instructables.com/id/Glass-Fused-Deposition-Modeling-FDM/> [27 Kasım 2019])



Şekil 41: ME ile seramik üretim (solda) ve yiyecek üretimi (sağda)

(<https://www.3dprintersbay.com/ceramic-3d-printing-secrets>)

(<https://www.3dbyflow.com/> [27 Kasım 2019])

Birçok değişik sektöre üretim yapmak için özel hazırlanmış ME yazıcı türü mevcuttur, kuyum sektörü de buna dahildir. Oldukça ince nozul çıkışına sahip ME yazıcılar, kayıp mum tekniği veya silikon kalıp almaya yönelik kullanılabilmekle beraber, yüzey kalitesindeki sorunlar ve kullanılan termoplastiklerin genel özellikleri

nedeni ile fazla tercih edilmemektedir. İlk başta VP yazıcılardan çok daha makul bir maliyetle üretim yapabildiği için kullanım gören, kuyum sektörüne özel üretilmiş bu yazıcılar, özellikle döküm kalıbı oluşturmak için üretilmiş MJ yazıcıların ortaya çıkması ile popülerliğini kaybetmiştir.



Şekil 42: FDM yazıcı ile mum kalıp hazırlama süreci

(<http://www.costanzoerizzetto.it/design.en.html> [3 Aralık 2019])

Termoplastik ve metal, orman ürünleri, maden tozu karışımı filamentler de mevcuttur, bunlar kullanılarak çeşitli kompozit objeler üretilir. Bu kompozit metaller bol miktarda plastik içerdiği için, kaliteli bir malzeme değildir ve profesyonel mücevher üretiminde kullanımı tercih edilmez. Ancak bu tip kompozit malzemeleri kullanarak ahşap, metal, taş görünümlü birçok değişik alternatif takı türünün üretimi teorik olarak mümkündür.



Şekil 43: Kompozit metal filament ile üretilmiş büstler

(<https://all3dp.com/1/3d-metal-3d-printer-metal-3d-printing/> [3 Aralık 2019])

Değerli metal çamuru (PMC) malzemesi kullanarak doğrudan üretim yapabilen ME yazıcıları da vardır. Bu yazıcılar özel bir metal ve kimyasal çamur karışımını, yüksek çözünürlüklü bir nozul vasıtası ile üretim tablasına yığarak, metal kilinden oluşan objeler üretirler. Bu ME üretim yönteminin yarı katı haldeki bir çamuru üst üste yığarak çalışması, destek yapılarının etkili olarak kullanılamamasına ve çamurun fiziksel yapısı nedeni ile içi boş modellerde sorun yaşanmasına neden olmaktadır. Üretilen metal kili ürünler fırınlanarak, saf metal haline gelir. Fırınlama sırasında objenin hacminde küçülme yaşanır, bu süreç içerisinde ürünün hasar görmesi veya formunun bozulması mümkündür. Ürün kalitesi ve ekstra bitirme işlemleri sırasında oluşabilecek hatalar, üretim hızının ve niteliğinin sınırlı olması, metal killerinin standart metallere kıyasla daha maliyetli olması gibi birtakım kaygılar nedeni ile bu yazıcılar mücevher üretiminde fazla tercih edilmezler.



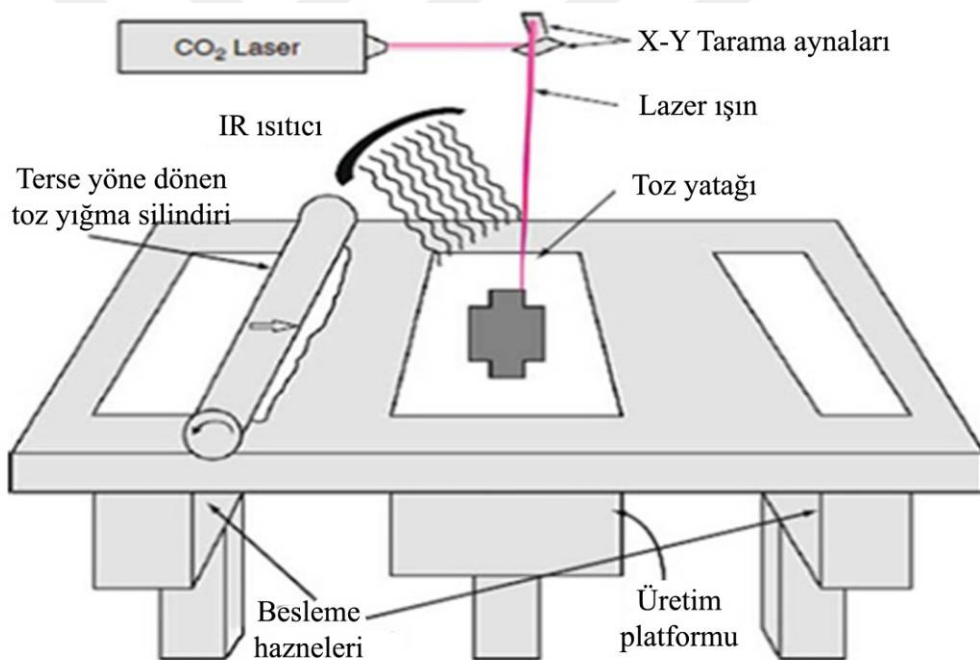
Şekil 44: PMC kullanan bir ME yazıcı ile oluşturulmuş metal obje

(<http://www.makery.info/en/2014/10/27/limpression-3d-metal-pour-tous-avec-la-mini-metal-maker/> [1 Aralık 2019])

Genel olarak bakıldığında ME veya Türkçe adı ile malzeme yığma yazıcılar, diğer yazıcılara göre daha az maliyetli ve basit çalışma prensiplerine sahip yazıcılardır. Ancak üretim nitelikleri ve hızı kuyumculuk alanında kullanılan diğer yazıcılara göre düşüktür. ME yazıcıların, yarı katı haldeki malzemeyi üst üste yığarak çalışması, üç boyutlu modellerde sorunlu yüzeylere neden olduğu için, kuyum sektöründe genellikle iki boyutlu formlara sahip tasarımların üretiminde tercih edilmektedir. Alternatif takı üretimi için seramik, cam kompozit malzemeler gibi birçok imkana sahip olmakla beraber, üretim kalitesi ve kullanılan metal malzemelerin kısıtlı olması nedeni ile ME yazıcıların profesyonel mücevher alanında kullanımı popüler olmamıştır.

2.4.3 Toz Yatak Füzyon (Powder Bed Fusion) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı

Bu yazıcıların temel özellikleri toz halindeki malzemeleri bir aparat yardımıyla, çalışma alanına üst üste serip seçici olarak enerji vererek bir araya getirmesidir. Bu prensipte çalışan SLS, SLM, DMLS ve EBM gibi çeşitli yazıcılar vardır. SLS yazıcılar, bir hazne içindeki toz haldeki malzemenin lazer ile ısıtarak birleştirmesi ve üstüne bir kat daha toz malzeme yığılmasıyla serinin tekrar edilmesi prensibiyle çalışır. "Sinterleme mekanizması öncelikle toz parçacıkları arasındaki difüzyondur"(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 113).

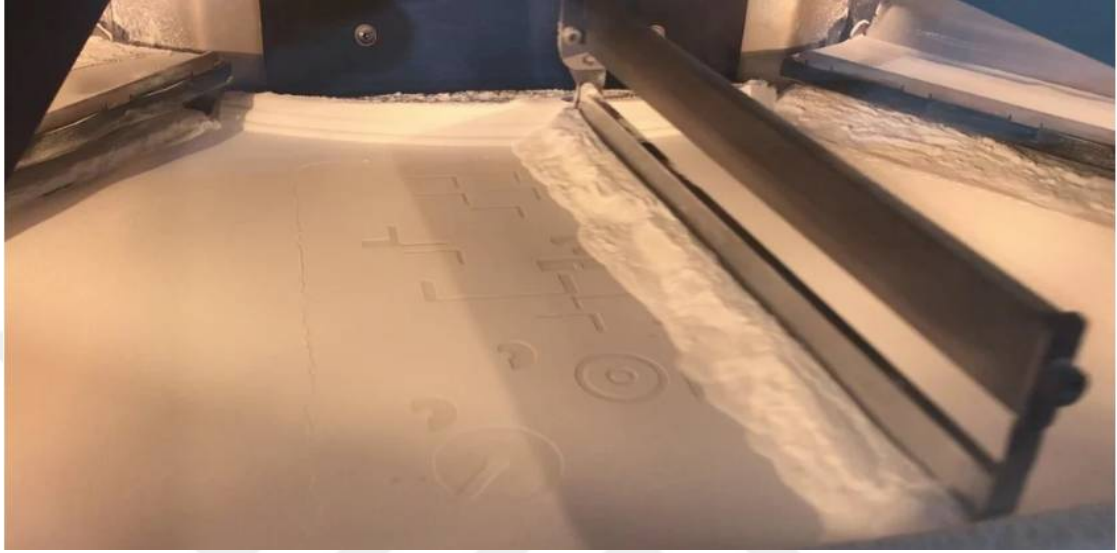


Şekil 45: SLS yazıcı sistemi

(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 108)

Termoplastik, cam ve seramik gibi birçok malzeme bu yazıcılarda kullanılabilir. Ürünler hazne içine yığılan toz malzeme içinde katman katman oluşur. Üretim sonrasında, ürün toz malzemenin içine gömülü haldedir. Buradan çıkarılır ve toz

malzeme ürünün içinden temizlenir. Ürün dışında kalarak artan toz malzeme bir sonraki üretimde kullanılabilir.



Şekil 46: SLS baskı üretim süreci

(<https://all3dp.com/1/best-sls-3d-printer-desktop-industrial/> [25 Kasım 2019])

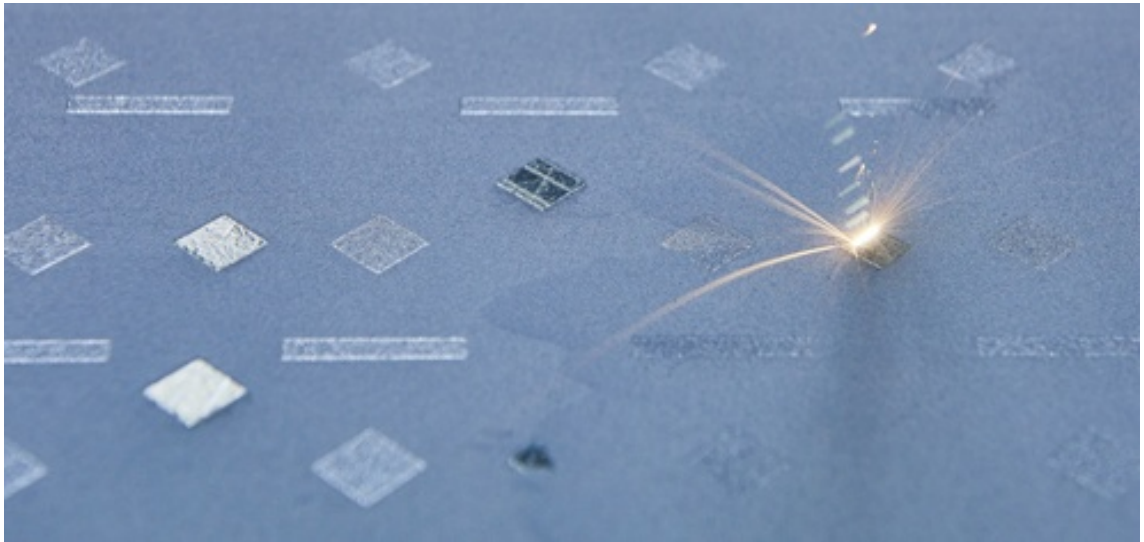


Şekil 47: PBF ile üretilmiş bir objenin üretim tablasından alınması

(<https://www.sinterit.com/the-story-behind-glassesusa-com-and-janne-kyttanen-3d-printed-glasses/> [25 Kasım 2019])

SLS yöntemi ile üretilen çıktılar, geleneksel yöntemlerle üretilmiş ürünlere kıyasla zayıf yapıya sahiptir. "Bitmiş malzeme bir bakıma alçı gibidir. Kırılgan ve çok hassas olma eğilimindedir"(Kocovic, 2017: 43). Bu yüzden çoğunlukla son bir bitirme işlemi gerektirirler. SLS ilk geliştirilen PBF yöntemidir ve DLP, MJ, BJ, FDM gibi yeni çıkan yazıcılar, plastik ve türevlerini kullanarak daha kaliteli ürünleri daha etkili bir şekilde üretebildiği için, artık tercih edilmemektedir.

Doğrudan metal lazer sintleme (Direct Metal Laser Sintering) yazıcılar özellikle metal malzeme ile üretime yönelik tasarlanmış, SLS benzeri yazıcılardır. Birçok standart metal bu makineler de kullanılarak 3b modeller ve ürünler üretilebilir. Kullanılan metaller özel bir işlemle ince taneli toz haline getirilmiş malzemelerdir. Bu yüzden de PBF de kullanılan metal malzemeler, standart metallere göre çok daha maliyetlidir. SLS yazıcılar gibi DMLS yazıcılar da lazer kullanarak toz malzemeyi bir araya getirirler. Lazerli ısı işlem sırasında toz metal malzeme tam olarak erimeden bir araya gelir, bu nedenle toz partikülleri bir arada tutan yapı, kendi içinde homojen olmayan ve rastgele mikro boşluklar bulunan bir durumdadır.



Şekil 48: DMLS üretim süreci

(<https://www.stratasysdirect.com/technologies/direct-metal-laser-sintering/dmls-understanding-additive-metal-manufacturing> [25 Kasım 2019])

Üretimde gerçekleşen çeşitli reaksiyonlar ve malzeme katmanlarındaki yapısal birleşmenin genel olarak sorunlu olması nedeni ile, bu yazıcılarda üretilen ürünlerin mikro yapısı, geleneksel yöntemlerle üretilmiş ürünlerin mikro yapısına kıyasla zayıftır. "Bir toz yatağının bir lazer veya başka bir ısı kaynağı kullanılarak hızlı bir şekilde kaynaşması, %100 yoğun, gözeneksiz parçaların elde edilmesini zorlaştırır"(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 114). Ürünlerin mekanik stres dayanımı azdır ve güvenilir mekanik parçaların veya kaliteli üretimin gerektiği yerlerde tercih edilmezler.

Seçici lazer eritme (SLM) yazıcılar tek tip metal malzeme ile çalışmanın mümkün olduğu makinelerdir. Bu yazıcılar toz metal malzemeyi lazer ile eriterek üretim yaparlar bu yüzden de ürünlerin yüzey kalitesi oldukça iyidir. Tek bileşenli toz metal eriyerek bir araya geldiği için bu üretim yöntemi ile yapılan baskıların stres dayanımı DMLS'ye ve SLS'ye kıyasla çok daha sağlamdır. Gelişmiş SLM makinelerinde, erime işlemini stabil hale getirmek ve oksitlenme benzeri reaksiyonları önlemek için, argon gazı vb. inert gazlar içerisinde izole edilmiş olarak üretim gerçekleşir.

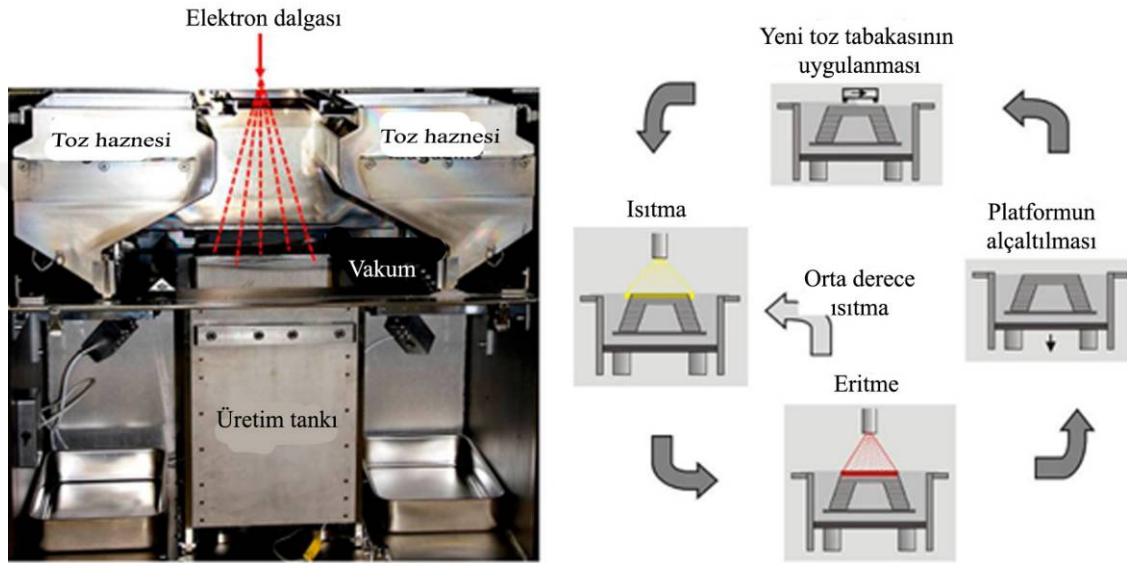


Şekil 49: SLM ile üretilmiş bir ürün

(<https://3dprint.com/253718/interview-with-owen-hildreth-on-automated-support-removal-of-metal-3d-prints/> [25 Kasım 2019])

Elektron dalgası eritme (EBM) makinelerini SLM ve DMLS makinelerinden ayıran, toz malzemeyi lazer ışını yerine, elektron dalgası kullanarak eritmesidir. EBM üretim biçiminde elektrik iletkenliği gerektiği için, bu yazıcılar sadece metal ürünlerin

üretiminde kullanılırlar. "EBM sadece iletken malzemelerle kullanılabilir"(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 138). Geliştirilmiş EBM yazıcılar, vakumlu bir hazne içinde, ısının malzemenin erime derecesinin biraz altında sabit tutulduğu bir ortamda üretim yapma kapasitesine sahiptir. Üretim sırasında ani ısı değişimlerinin yaşanmaması, ısı değişimi nedeni ile metal malzemenin formunda oluşabilecek bozulmaları engeller.



Şekil 50: EBM yazıcı kesiti (solda) ve üretim işlemi şeması (sağda)

(Körner, 2016: 363)

Üretim işlemi vakumlu ortamda olduğu için beklenmedik reaksiyonlar oluşmaz ve ısı değişimi minimum seviyede olduğundan dolayı, ortam ısısı birleştirme işlemini destekleyecek şekilde dengelenebilir. Bu sayede metal partiküllerin birleşmesi ve ürünlerin yapısı daha sağlam olur. Sonuç olarak lazerli PBF sistemlere kıyasla daha hızlı üretim söz konusudur. EBM ile üretilen ürünlerin çözünürlüğü SLM ye göre daha düşüktür, bu yüzden de yüzeyler daha pürüzlü bir yapıya sahiptir. Bu özellik nedeniyle, ürünler son bir yüzey düzeltme işlemi gerektirebilir. EBM yazıcıların otomotiv, medikal, uzay ve havacılık gibi sektörlere yönelik ürünlerin ve makine parçalarının üretilmesinde kullanımı mevcuttur.



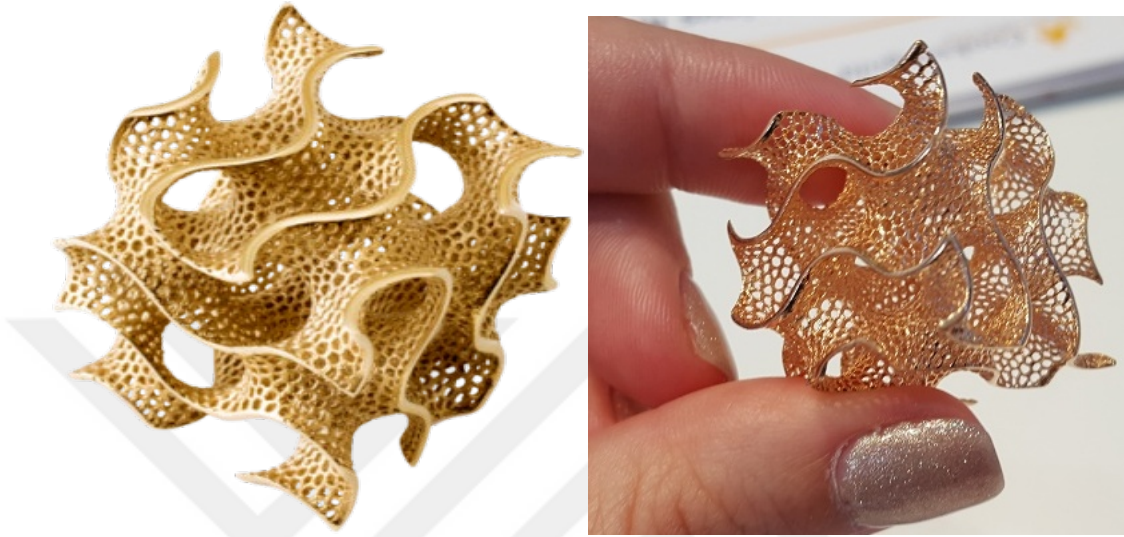
Şekil 51: EBM ile üretilmiş protez parçaları

(<https://www.3dnatives.com/en/electron-beam-melting100420174/> [8 Aralık 2019])

Genel olarak incelenecek olursa, PBF yazıcılar, doğrudan metal ürünlerin üretiminde tercih edilirler. Bunun nedeni, plastik, seramik, cam gibi malzemeleri çok daha verimli bir şekilde üretebilen başka yazıcı türlerinin geliştirilmiş olmasıdır. PBF yazıcılar da VP yazıcılar gibi, üretim alanını malzeme ile doldurarak çalışırlar. Malzeme olarak kullanılan toz metaller, özel bir teknik ile hazırlandığı için, standart metallere kıyasla oldukça maliyetlidir. Bu nedenle PBF metal üretim teknolojisi, döküm, pres, CNC gibi geleneksel yöntemlerin uygulanamadığı durumlar haricinde tercih edilmemektedir. (Garre, Redwood, Schöffer, 2017: Bölüm 7)

Kuyum sektöründe doğrudan üretim yapmak, malzeme olarak değerli metalleri kullanarak objeler üretebilen ileri teknoloji ürünü makineler kullanmak demektir. Doğrudan metal obje üretebilen çeşitli PBF 3b yazıcılar vardır ve doğrudan metal ürünlerin üretilmesinde, birçok alanda olduğu gibi kuyumculuk alanında da kullanılabilmektedir. PBF yazıcılar, ürünün gerektirdiği hacimden çok daha fazla malzemenin, üretim tablasında yığılmasına ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden kuyum alanına özel üretilmiş, küçük boyutlarda üretim kapasitesine sahip yazıcılar vardır. Mücevher standartları küçük boyutlarda yüksek çözünürlüklü çıktılarının alınmasını, üretilen ürünlerin olabilecek en iyi kalitede ve sağlamlıkta olmasını talep etmektedir. Bu

standartlara uygun üretim yapabilmek için, 3b doğrudan metal mücevher üretiminde SLM tipi PBF yazıcılar çoğunlukla tercih edilmektedir.



Şekil 52: Özel bir SLM yazıcı ile üretilmiş model

([https://www.cooksongold.com /blog/trends-and-inspiration/cooksongold-3d-launches-at-international-jewellery-london](https://www.cooksongold.com/blog/trends-and-inspiration/cooksongold-3d-launches-at-international-jewellery-london)) (<https://3dprint.com/195046/cooksongold-interview-formnext/> [6 Aralık 2019])

Kuyum sektörü işlevselliğin değil, görselliğin ön planda olduğu bir sektördür, bu yüzden bu tip yüksek maliyetli, düşük üretim kapasiteli, ileri teknoloji 3b baskı makineleri ancak prestij amaçlı olarak bu sektörde kullanılır. Bu makineleri üretimde kullanmayı tercih eden kuyum firmaları, genellikle kişiye özel benzersiz tasarımlar üretme, en son teknolojiyi kullanarak "avangart" izlenimi verme ve “yeşil teknoloji” ile üretim yapma gibi bir takım prestije dayalı pazarlama stratejileri peşindedir. Bunun yanında çeşitli nedenlerden ötürü üretimi tek aşamalı olarak, tamamen kendi bünyesinde gerçekleştirmek isteyen firmalar da bu yöntemi tercih edebilirler.



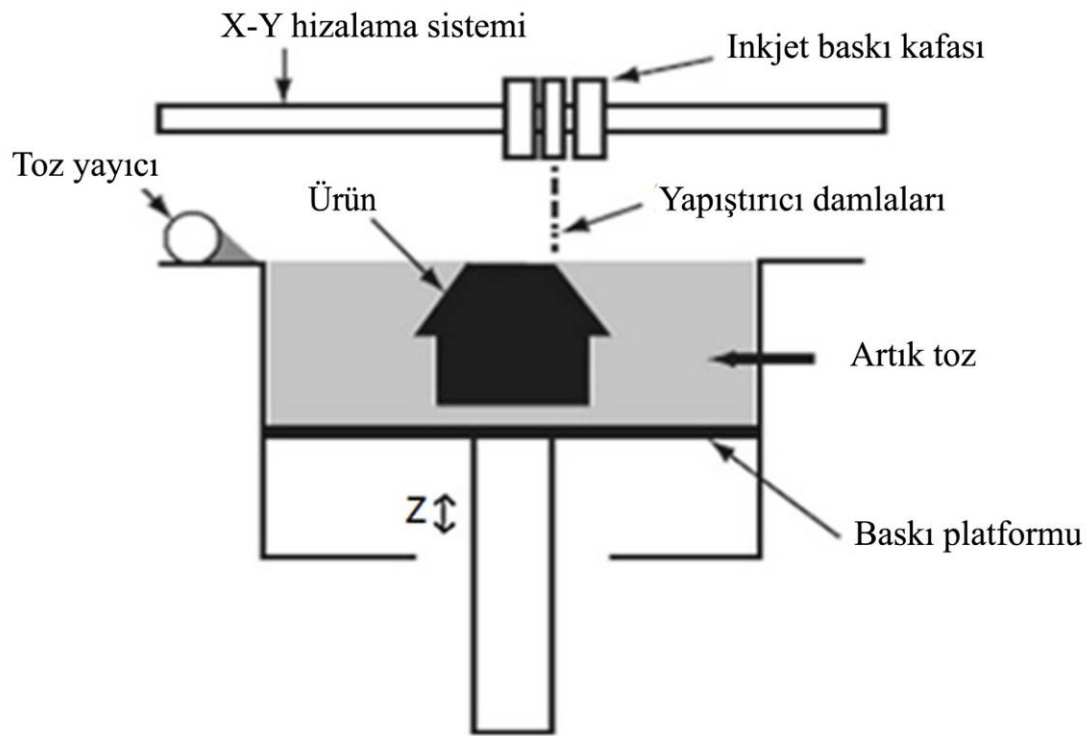
Şekil 53: PBF 3b doğrudan metal baskı tekniği ile üretilmiş takılar

(<https://www.3dprintingmedia.network/resin-metal-3d-printed-jewelry-shines-vicenza-oro-jewelry-fair/> [6 Aralık 2019])

Üç boyutlu yazıcıları kullanarak doğrudan metal mücevher ve takı üretimi yapmak, tek bir modelin baştan sona üretim süreci incelendiği zaman diğer 3b baskı teknikleri ile üretim yapmaktan daha hızlıdır. Ancak mevcut modelleri çoğaltmak, seri üretim ve masraflar söz konusu olduğunda, 3b baskı ile doğrudan metal ürün üretimi, ürün başına düşen kar ve zaman açısından verimsiz bir yöntemdir. Bu yüzden PBF doğrudan metal üretim yöntemini tercih eden sınırlı sayıda kuyumcu ve firma vardır. "Avrupa'da ve Dünya'da sınırlı sayıda mücevher üreticisi vardır"(Hoskins, 2018: 144). Söz konusu firmalar çoğunlukla, PBF doğrudan metal baskı yapabilen yazıcıları kendileri edinmek yerine, bu hizmeti sağlayan Cooksongold ve Shapeways gibi 3b baskı şirketlerini kullanmışlardır.

2.4.4 Yapıştırıcı Püskürtme (Binder Jetting) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı

Yapıştırıcı püskürtme yazıcılar da PBF sistemlerinde olduğu gibi, toz haldeki maddenin bir hazne içine katmanlar halinde yığılıp birleştirilmesi prensibi ile üretim yaparlar. Ancak üretim döngüsüne bakıldığında, toz malzeme ısıyla birleştirilmek yerine, “bağlayıcı” bir sıvı ile yapıştırılarak 3b baskı gerçekleşir.



Şekil 54: BJ yazıcı çalışma prensibi

(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 206)

Sonuç olarak ortaya çıkan ürünler kompozit yapıdadır ve ek bitirme işlemlerine sokulmaları gerekebilir. Çalışma şekli ve baskı kafasının teknik özellikleri nedeniyle bu yazıcılar inkjet yazıcılara da benzetilirler. Baskı işleminde kullanılan yapıştırıcının çeşitli pigmentlerle renklendirilmesi mümkündür. Inkjet benzeri bir yazıcı kafası sayesinde, renklendirilmiş yapıştırıcı seçici olarak baskı yüzeyine dağıtılabilir. Bu tip yazıcılar sayesinde 3b renkli baskı yapmak mümkün hale gelmiştir. Bu tam renkli 3b

baskı tekniği, 3b tarayıcılar da kullanılarak "3b selfie" olarak da adlandırılan renkli biblo ve heykellerin üretilmesinde kullanılabilmektedir.

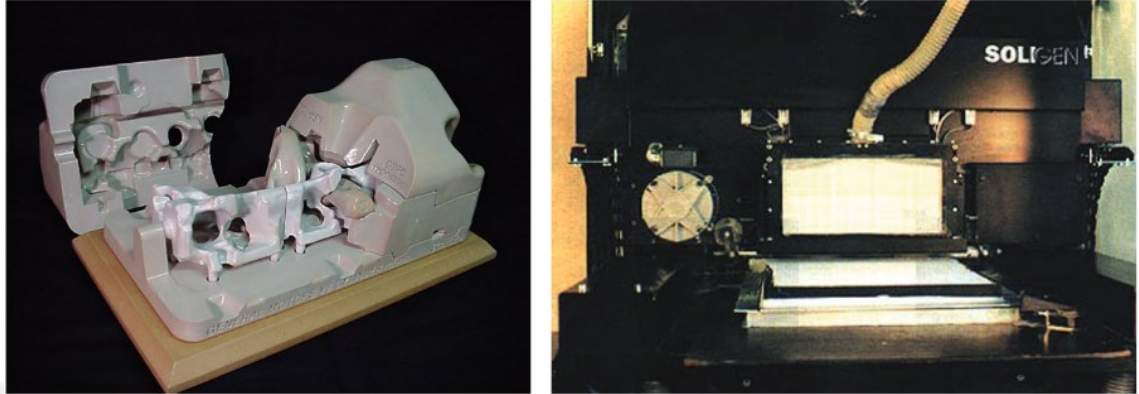
"Bazı makineler renkli baskı kafalarına sahiptir ve görsel olarak çekici parçalar basabilirler. Bu özellik sayesinde, çeşitli bilgisayar oyunlarından alınmış renkli figürler yanı sıra, kameralardan alınan görüntülerle elde edilmiş kişisel büstler veya heykeller için bir pazar gelişmiştir" (Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 206)



Şekil 55: BJ yazıcı ile oluşturulmuş "3b selfie" ler
(<https://inzertgraphics.com/3d-beeldje/> [2 Aralık 2019])

BJ yazıcılar, PBF yazıcılar gibi yüksek ısı üreten ve bol enerji harcayan sistemlere sahip olmadığı için göreceli olarak daha az maliyetlidir. Basit BJ yazıcılar, alçı gibi su bazlı malzemeler ile çalışabilirken, solvent kullanarak akrilik cam benzeri maddelerden oluşan ürünleri üretebilen BJ yazıcılar da vardır. Metal ve seramik tozları da BJ yazıcılarda kullanılabilmektedir ancak bu şekilde üretilen ürünler son bir fırınlama işlemi gerektirir ve yapıları standart metal veya seramik ürünler kadar sağlam değildir. Bu yüzden BJ yazıcılar genellikle heykel benzeri dekor amaçlı ürünler ve döküm kalıpları üretmek için tercih edilirler. Alçı, seramik tozu ve kum gibi malzemelerin BJ üretim de kullanımı ile metal döküm kalıplarının oluşturulması

mümkündür. (Garre, Redwood, Schöffner, 2017: Bölüm 6, Baughman, vd. 2017: Bölüm 1.3.7, Barnatt, 2016: Bölüm 2)



Şekil 56: BJ ile üretilmiş döküm kalıbı (solda) ve kullanılan BJ yazıcı (sağda)
(Gebhardt, Heotter, 2016: 262)

BJ yazıcılar, çok amaçlı yazıcılardır ve kuyumculuk alanında farklı biçimlerde kullanılabilirler. VP, PBF ve MJ yazıcılarda olduğu gibi BJ yazıcılarla da plastik modeller üretmek mümkündür. Ancak söz konusu diğer yazıcılar la bu işi yapmak çok daha verimli olduğundan dolayı, BJ yazıcılar mum kalıp üretiminde tercih edilmezler.

Bu teknolojiyi esas özel kılan, doğrudan döküm kalıbı üretme özelliğidir. Geleneksel yöntemlerle üretilen döküm kalıpları çoğunlukla, fiziksel bir modelin negatifi alınarak oluşturulurlar. BJ teknolojisi ile oluşturulan kalıplar ise 3b baskı teknolojisi kullanılarak doğrudan oluşturulmuş negatif kalıplardır. Çeşitli silika ve zirkon bileşimi kumlar veya seramik tozları kullanılarak, yüksek ısı dayanımlı döküm kalıplarının üretimi mümkündür. Bu tekniğin kuyumculuk teknikleri açısından önemi kayıp mum üretim tekniğini daha az aşamalı hale getirerek basitleştirme potansiyeli taşımasıdır. BJ ile üretilen döküm kalıpları, ısıl işlem ile içlerinin boşaltılması gerekmediği için, döküm sırasında oluşabilecek hataların da azalmasını sağlayan kalıplardır. Ancak bütün bu pozitif olanaklara rağmen BJ henüz mücevher kalıp üretiminde kullanılan standart bir yöntem olamamıştır. Bunun nedeni ise üretim sırasında kalıpların içinin de toz malzemeyle dolması ve çok küçük boyutlu, detaylı kalıplarda bu tozun tamamen temizlenememesidir.

Profesyonel takı ve mücevher üretiminde tercih edilmemekle beraber, BJ yazıcılarla deneysel takılar da yapılabilir. Tam renkli seramik heykel üretim tekniği, takı modellerini üretmekte kullanılarak, renkli seramik takılar üretmek mümkündür. BJ teknolojisi, metal tozlarını birbirine yapıştırarak, kompozit yapılı metal objeleri doğrudan üretme potansiyeline de sahiptir. Bu şekilde üretilen kompozit metal objeler, kullanılan yapıştırıcının özelliğine bağlı olarak, ısıtma işlemi ile metal obje haline getirilebilmektedir ancak bu metal objelerin yapısı fazla sağlam değildir ve yüzey kalitesi kötüdür. Çoğunlukla bronz, paslanmaz çelik ve pirinç benzeri standart metal tozlarından üretilen bu tip ürünleri krom veya değerli metallerle kaplamak mümkündür. Ancak bu özellikler profesyonel mücevher standartlarına uygun değildir, dolayısı ile doğrudan 3b baskı ile mücevher üretiminde tercih edilmezler.

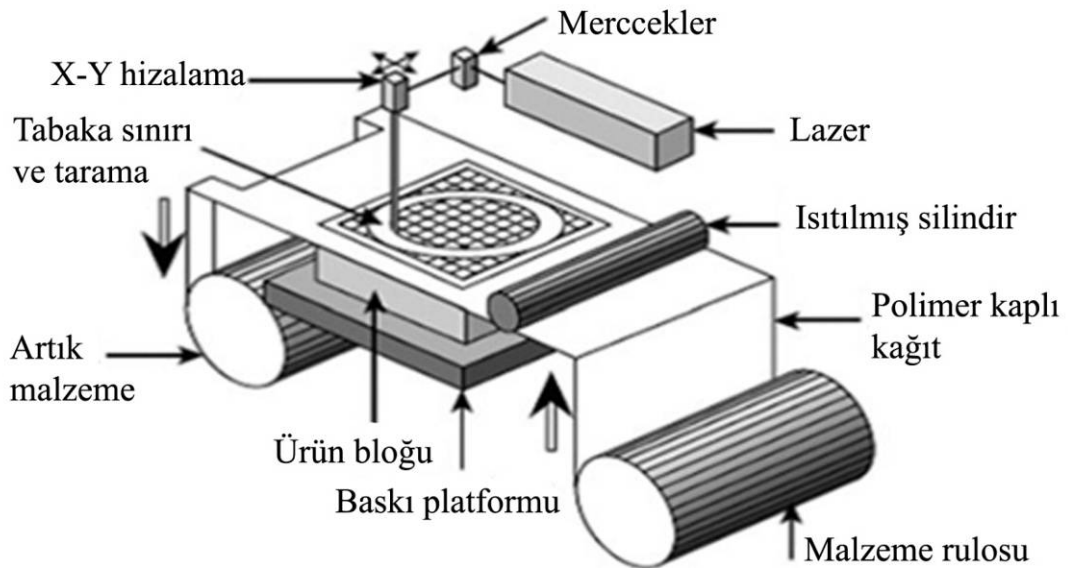


Şekil 57: BJ kullanılarak doğrudan üretilmiş metal takılar

(<https://www.sculpteo.com/blog/2017/05/10/a-new-material-available-3d-printing-with-binder-jetting-stainless-steel/> [6 Aralık 2019])

2.4.5 Tabaka Laminasyon İşlemi (Sheet Lamination Process) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı

SLP veya LOM olarak da bilinen bu yazıcılar, diğer bütün yazıcılardan farklı bir 2b üretim şekline sahiptir. "LOM, daha önce gözden geçirilmiş sistemlerden farklıdır; bir istifin üzerine malzeme ekleyerek bir parça oluşturmaktan ziyade, bir istif üzerine kağıt, plastik veya kompozit gibi malzemelerin tabakaları eklenir ve lazer tabakanın kullanılmayan kısımlarını keser" (Petar, 2017: 48). Rulo halindeki kendiliğinden yapıştırıcılı malzeme, otomatik olarak üretim tablası üstüne aktarılır ve lazer veya bir CNC bıçağı tarafından kesilerek 2b bir kesit oluşturulur. Daha sonra aynı döngü tekrarlanarak katmanlar halinde 3b nesne tamamlanır.



Şekil 58: LOM yazıcı çalışma prensibi

(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 220)

LOM tarafından üretilen modellerin çoğu kağıt bazlı olduğu için nemden etkilenmeye yatkındır, bu yüzden modellere çoğu zaman cila veya boya uygulanır. Bu yazıcılar mimari ve peyzaj sektöründe kullanılan modeller, 3b haritalar veya minyatür heykel ve biblolar gibi mekanik işlevi olması beklenmeyen ürünlerin yapımında kullanılırlar.



Şekil 59: LOM 3b yazıcı ile kağıt malzemeden oluşturulmuş bir 3b harita
(<https://3dprinting.com/news/entire-country-bahrain-got-3d-printed/> [25 Kasım 2019])

Kullanılan kağıt malzemeleri baskı sırasında renklendirme özelliğine sahip LOM yazıcılar da mevcuttur. Bu tip yazıcılar ile BJ yazıcılarda da olduğu gibi, tam renkli modelleri ve objeleri üretmek mümkündür.



Şekil 60: LOM yazıcı kullanılarak üretilmiş bir model
(<https://3dprint.com/103300/fake-color-3d-print-with-paper/5/> [7 Aralık 2019])

Üretilen modellerin iç yüzeyi tamamen dolu olduğu ve kullanım sonucu artan negatif yüzeylerin yeniden kullanımı söz konusu olmadığı için ciddi bir malzeme israfı söz konusudur. Bunun yanı sıra LOM yazıcıların üretim alanı görsel sunum ve kavramsal modellerle sınırlıdır ve kullanılabilecek malzeme çeşitliliği azdır. Bu yüzden de LOM teknolojisi çok tercih edilen bir teknoloji olmamıştır. (Gebhardt, Heotter, 2016: Bölüm 3.4)

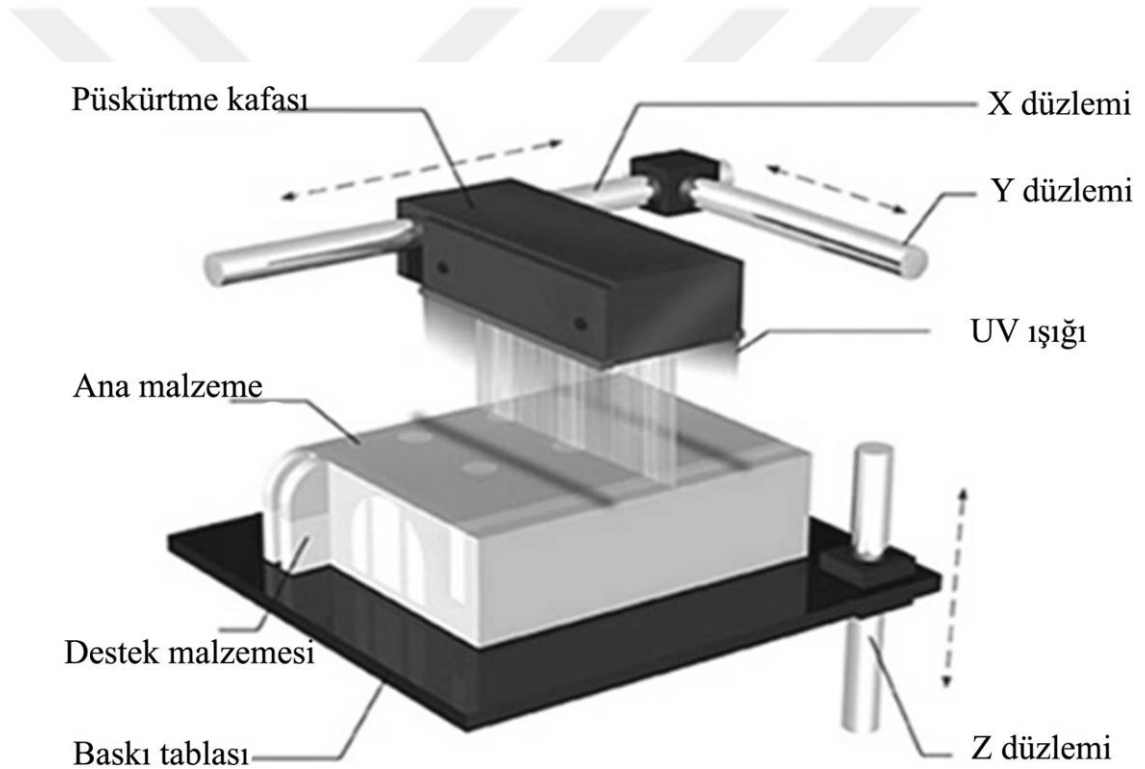
LOM yazıcılar, kuyumculuk alanında da birçok diğer alanda olduğu gibi tercih edilmeyen yazıcılardır. Metal folyo kullanılan LOM yazıcılar ile doğrudan takı ve mücevher üretimi yapmak teorik olarak mümkündür ancak birçok diğer 3b yazıcı türü ile bu işi yapmak daha verimlidir. Bu yüzden takı üretiminde LOM yazıcılar tercih edilmez. Yaygın olmamakla beraber, LOM yazıcılar kullanılarak kağıt takı üretimi ve benzeri deneysel çalışmalar söz konusudur.



Şekil 61: LOM yazıcı kullanılarak üretilmiş bir kağıt takı
(<https://all3dp.com/vanina-leaves-jewelry/> [25 Kasım 2019])

2.4.6 Malzeme Püskürtme (Material Jetting) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı

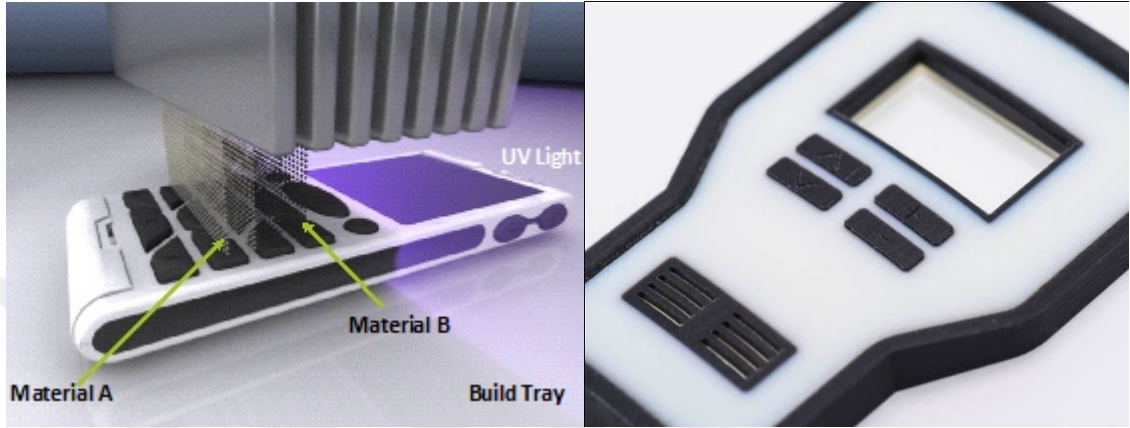
Bu yazıcılar inkjet yazıcılara oldukça benzer bir sisteme sahiptir. Bir baskı kafasından sıvı haline getirilmiş mum, fotopolimer reçine ve diğer birçok sıvı çözelti türevi malzemeyi 2b katmanlar halinde püskürterek üretim yaparlar. Fotopolimer kullanan MJ yazıcılar, aynı anda baskı yüzeyine UV ışını vererek katılaşma işlemini tamamlarlar. Malzeme püskürtme işlemi, baskı kafasından, voxel olarak bilinen her kübik alana, seçici olarak malzeme dağıtılmasını sağlar.



Şekil 62: MJ yazıcı çalışma prensibi
(Gibson, Rosen, Stucker, 2015: 196)

Çeşitli özellikteki malzemeleri bir arada basabilen MJ yazıcılar sayesinde, kompozit yapıdaki ürünlerin üretimi mümkündür. Özellikle farklı renk ve sertlikteki plastik malzemelerin bir arada kullanılabilmesi, işlevsel ürün ve modellerin doğrudan üretilebilmesine olanak sağlamıştır. Yeni geliştirilen PJ (Polijet) yazıcılar, çok değişik özellikteki maddeleri bir arada kullanabilme özelliğine sahiptir.

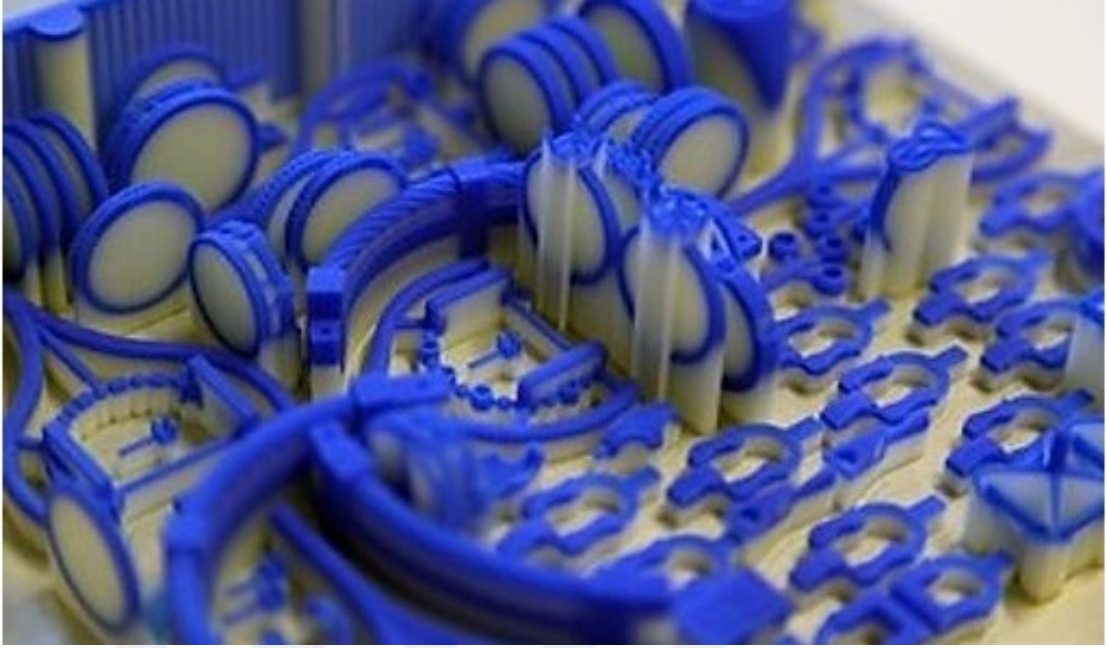
"belirli bir vokselin özellikleri, "dijital olarak" değiştirilebilir ve belirtilebilir, ki bu işlem temel olarak farklı renk veya mekanik özelliklere sahip iki bileşenli model malzemelerin karıştırılmasıdır"(Baughman, vd, 2017: 17-18).



Şekil 63: PJ üretim illüstrasyonu (solda) ve PJ ile üretilmiş bir elektronik paneli (sağda) (<https://www.digitalengineering247.com/article/objet-pushes-forward-with-multi-material-printing/feed>) (<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing/> [30 Kasım 2019])

Nano jet (NJ) olarak adlandırılmış, çok küçük yapıdaki metal parçalarını sıvı solüsyon içerisinde kullanarak çok yüksek çözünürlüklü metal baskı yapabilen bir MJ makinesi de mevcuttur. SLA/DLP/CDLP yazıcılara göre daha hızlı ve az masraflı olması nedeni ile MJ yazıcılar çeşitli modelleme ve döküm modeli hazırlama işlemlerinde de tercih edilirler. Çalışma prensibinin basitliği, çok amaçlı üretimler yapılabilmesi, diğer yazıcılara göre daha az maliyetli olması ve birçok farklı malzemenin bir arada kullanılabilmesi nedeni ile MJ yazıcıların en popüler doğrudan üretim amaçlı 3b yazıcı olması beklenmektedir. (Barnatt, 2016: Bölüm 2)

Kuyumculuk alanında MJ yazıcılar da VP yazıcılar gibi, kayıp mum tekniği modelleri oluşturmak için tercih edilirler. Özellikle kayıp mum yönteminde kullanılan petrol mumu malzemelerinin benzerleri, MJ yazıcılar tarafından kullanılabilir.



Şekil 64: MJ ile oluşturulmuş çeşitli mum kalıp modelleri
(<https://www.maptec.ae/3600> [30 Kasım 2019])

Bu malzemeler VP yazıcılarda kullanılan yapay reçinelere göre daha ekonomiktir ve MJ teknolojisinde, VP de olduğu gibi bir malzeme israfı söz konusu değildir. MJ yazıcılar aynı zamanda eski tip VP yazıcılara göre daha hızlı ve basit bir şekilde üretim yapabildikleri için, kayıp mum tekniği modellerinin hazırlanmasında yaygın olarak kullanılan bir 3b baskı teknolojisi olmuştur. Aynı anda farklı malzeme türlerini kullanma kapasitesi olan MJ yazıcılar, destek malzemesi olarak su ile kolaylıkla çözülebilen malzemeler kullanma özelliğine sahiptir. Oluşturulan kayıp mum tekniği modelleri bu şekilde kolayca destek malzemelerinden ayrılarak döküm işlemine hazır hale gelir. Bu özellik menteşe gibi arasında mikronluk boşluklar olan parçaların da tek parça halinde çıktı alınabilmesini sağlar. Bunun yanı sıra MJ yazıcılarda kullanılabilen PC (polikarbon) yüksek ısı dayanımlı malzeme ile, enjekte silikon kalıp alma amaçlı modeller veya çoğaltma kalıpları da oluşturulabilir.

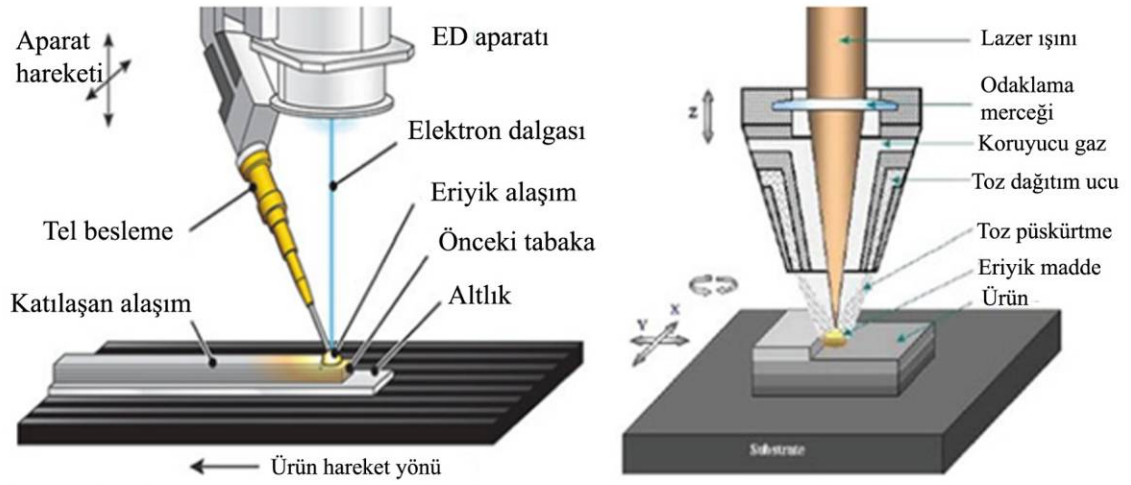


Şekil 65: MJ ile oluşturulmuş mum kalıp yüzük modelleri

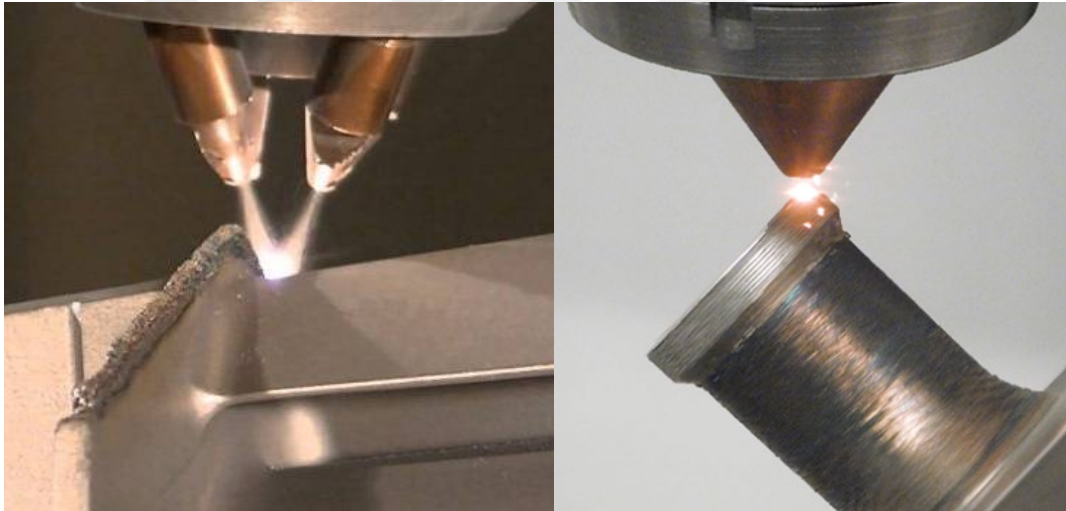
(<https://3dwax.ru/> %D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%B0/[30 Kasım 2019])

2.4.7 Doğrudan Enerji Birikimi (Direct Energy Deposition) Teknolojisi ve Kuyumculuk Alanında Kullanımı

Bu yazıcılar çeşitli 3b yazıcının özelliği bir araya toplanarak tasarlanmıştır. FDM yazıcılardakine benzer bir malzeme çıkışı ve buna ek olarak hareketli üretim tablası sistemine sahiptir. Malzeme çıkışı tel veya toz halindeki metal maddeyi çıkarırken bir yandan da temas noktasına EBM sistemindeki gibi elektron dalgası veya SLS sistemindeki gibi lazer ışını vererek malzemenin dokunduğu yerde erimesini ve birleşmesini sağlar.



Şekil 66: DED yazıcı çalışma prensibi
(Baughman, vd, 2017, sayfa:23)



Şekil 67: DED üretim süreci

(<https://www.3dprintingmedia.network/additive-manufacturing/am-technologies/laser-engineered-net-shaping-lens/>) (<https://www.beam-machines.com/applications-process-3d-printing> [30 Kasım 2019])

FDM ye oldukça benzer bir şekilde üretim gerçekleşir. Bazı modellerde FDM yazıcıların aksine üretim tablası çeşitli açılarda dönme özelliğine sahiptir. Bu özellik destek yapıları kurulmadan üretim yapma olanağı sağlar. Bu tip DED yazıcıları diğerlerinden ayıran en önemli özelliği, mevcut metal ürünlerin üzerinde değişiklikler

yapabilmesi veya hasarlı bir ürünü onarabilmesidir. "Eriyik havuzunun uzamsal konumları değiştirilerek, tam bir 3b model nokta nokta, satır satır ve daha sonra katman katman inşa edilebilir"(Baughman, vd, 2017: 24).

Bu üretim biçimi, masraflı, yavaş dolayısı ile birçok sektörde seri üretim için gereksizdir. Genellikle titanyum benzeri döküm yapılması tercih edilmeyen ve geleneksel yöntemlerle detaylı objeler oluşturulması zor veya imkansız olan malzemelerin kullanılması talep edilen noktalarda bu yazıcılar tercih edilir. Havacılık ve uzay sektörü gibi yüksek teknolojiye üretime ihtiyaç duyulan alanlar dışında bu yazıcılar pek rağbet görmemiştir. (Gebhardt, Heotter, 2016: Bölüm 3.2.9, 3.3)

DED yazıcılarla doğrudan metal ürün üretimi, dolayısı ile mücevher üretimi, teorik olarak mümkündür. Ancak DED yazıcıların genel kullanım alanı makine ve araç parçaları üretmek olduğu için, doğrudan mücevher üretiminde kullanım amaçlı çoğunlukla PBF tipi daha basit yazıcılar tercih edilmektedir.

2.5 3B Yazıcı Teknolojisinin Kuyum Sektörüne Katkıları

Kuyumculuk sektöründe 3b dijital teknolojinin kullanılması, birçok diğer sektörde olduğu gibi, üretim ve tasarıma kolaylıklar getirmiştir. Üretim yapılmadan önce ürünü görebilmek ve özelliklerini ayarlayabilmek, üretim sonrası sürprizler yaşamamak açısından önemlidir. Yapılan ön izlemelerde ürünün hacmi ve gerektirdiği malzeme dijital olarak hesaplanabilir ve buna göre bir üretim maliyeti çıkarılarak gerektiği yerde değişiklikler yapılabilir. Mevcut tasarımın farklı malzemeler kullanılarak nasıl bir sonuç vereceği, herhangi bir fiziksel çaba harcamadan değerlendirilebilir. "Değişiklikler yapmak çok daha kolay ve ekonomiktir"(Hoskins, 2018: 65). Bu dijital hesaplama, zarar edebilecek ürünlerden kaçınmak ve üretim masrafına girmeden tasarımları değerlendirebilmek açısından önemlidir.

En önemli özelliklerden biri ise geleneksel yöntemlerle yapıldığın da ciddi bir beceri ve deneyim gerektirecek özellikteki modellerin, bu konu da deneyimi az veya hiç olmayan tasarımcılar tarafından modellenemesidir. Günümüz mücevher sektöründe, özellikle mümkün olduğunca küçük ve hafif ürünler tercih edilmektedir. Milimetrik hatta mikron metrelik boyutlardaki detaylara sahip ve olabildiğince hafif ürünlerin

üretilmesi için, tasarımcıların birden çok teknik ile çalışma deneyiminin olması ve genel olarak ciddi bir fiziksel beceriye sahip olmaları gerekmektedir. Geleneksel yöntemler kullanılarak takı ve mücevher üretimi, tasarımların üretim kabiliyeti ile sınırlanmasını gerektirmiştir. Çoğunlukla tasarımcı ve üreticinin birbirinden ayrılmasını sağlayan bu durum, 3b yazıcıların getirdiği üretim potansiyeli ile değişmiştir. 3b yazıcılar bu fiziksel beceri bariyerini kaldırarak, dijital tasarım yapabilen herkesin üretim de yapabilmesini sağlamış, dolayısı ile mücevher işinin bireyselleşmesine vesile olmuştur.

Ancak 3b yazıcıların katkısı sadece bireyselleşme yönünde değildir. Geleneksel yöntemlerin öğrenilme zorunluluğunun ortadan kalkmış olması, işverenin ucuz eleman bulması veya kısa sürede eleman yetiştirebilmesi açısından, kurumsal çalışan büyük şirketlere kolaylık sağlamıştır.

Tasarım açısından bakıldığında da 3b yazıcılar mücevher sektörüne yeni bir bakış açısı getirmiştir. Daha önce insan becerisinin sınırları nedeni ile üretimi mümkün olmayan tasarımlar, dijital 3b programlarla bilgisayar destekli tasarlanabilmekte ve 3b baskı teknikleri ile üretilebilmektedir. "AM/3DP, çıkarıcı veya biçimlendirici teknolojiler kullanılarak yapılamayan geometrik ayrıntıların üretimine izin verir"(Gebhardt, Heotter, 2016: 5).

Seri üretim ve otomasyonun tasarıma etkisi, minimalist formlarının kullanımı, 3b yazıcıların seri üretime sağladığı imkanlarla yerini daha karmaşık formlara bırakmaya başlamıştır. Çeşitli kavramsal veya realist karmaşık formun, ticari mücevher tasarımında uygulanabilmesi, Art Nouveau ve Barok mücevher tasarımlarını andıran modellerin, seri üretim mücevhere yeniden dahil olmasını sağlamıştır.

Mücevher sanatçıları dijital medyaya uyum sağlayarak bu yeni teknolojiyi kullanmaya başlamış ve hali hazırda bu yeteneklere sahip olan film ve oyun sektörü sanatçıları da mücevher sektöründe yeteneklerini değerlendirmeye başlamıştır. Bunun yanı sıra sanat sektörü ile hiç alakası olmayan mühendislik alanları da dijital 3b tasarım programları sayesinde mücevher tasarım alanına yönelmeye başlamıştır. Mücevher tasarımında kavramsal sanatın kullanılmasında artık mimarlar, dijital modelleme uzmanları ve endüstriyel tasarımcılarla karşılaşmaktadır. Bilgisayar mühendisleri, organik form ve yapıları taklit edebilen 3b algoritmalar ve düzlemsel geometrik algoritmaları, 3b obje yüzeylerinde uygulayabilen programlar oluşturmuştur. Bu

algoritmalarla mühendisler yüzey tasarımları üretip çeşitli ürünlerin üstünde uygulayabilmektedir. Üç boyutlu yüzey ve formların tasarımcılar değil, algoritmalar tarafından tasarlanması, endüstriyel tasarım ve kavramsal sanata minimalizm den uzak yeni bir estetik anlayış getirmiştir. Algoritma kullanılarak tasarım hem mücevher tasarımı hem de genel tasarım kavramı için yeni bir cephedir. Bunun nedeni sırf üretim değil, tasarım sürecinin de nerdeyse tamamen bilgisayar tarafından yapılıyor olmasıdır. Jeneratif algoritmaların 3b tasarım ve baskıda kullanımı kavramsal sanatı zenginleştirip daha estetik hale getirmiş olmakla beraber, dijital tasarımın, tasarım mı, sanat mı yoksa ikisinden de uzak bambaşka bir şey mi olduğu sorusunu da daha geçerli hale getirmiştir.



2.6 Kuyum Alanında 3B Dijital Tasarım ve 3B Baskı Kullanımına Örnek Firmalar, Sanatçılar ve Ürünler

Günümüzde 3b dijital araçlar çoğu sanatçı ve tasarımcı tarafından bilinen, yaygın bir teknoloji hale gelmiştir. Sağladığı kolaylıklar nedeni ile dijital tasarımı tercih eden tasarımcıların sayısı artarken, bir çok profesyonel tasarımcı ve firma 3b yazıcı teknolojisini üretim aracı olarak benimsemeye başlamıştır.

Bu bölümde 3b dijital tasarım ve baskının, profesyonel olarak kullanımına örnek teşkil edebilecek kişi ve kuruluşlar incelenmiş, bu teknolojinin etkili bir şekilde kullanımını yansıtabilecek ürün örnekleri seçilmeye çalışılmıştır.

Söz konusu dijital teknolojileri kullanan bol miktarda tasarım ofisi ve firma mevcuttur. İnternet üzerinden yapılan bu araştırmada dünya çapında 3b dijital araçları kullanan bütün tasarımcıların ve kuruluşların tek tek incelenmesi söz konusu değildir. Bu yüzden de sanat sayfaları ve mücevher sektörü ile ilgili yazılı kaynaklar incelenerek, tasarım ve teknik nitelikler bakımından dikkat çekici ürünler bulunmaya çalışılmıştır.

İncelenen örnekler belli kriterler ile sınırlandırılmış, konun amacına en iyi hizmet edebilecek birkaç örneğin seçilmesi amaçlanmıştır. Son trend dijital tasarım yöntemlerinin kullanımı, seyrek rastlanan üretim tekniklerinin kullanımı, ve ürünlerin profesyonel mücevher alanına yönelik olması, örneklerden beklenen temel kriterler olmuştur. Bu tasarım ve üretim yöntemlerinin kullanımı, söz konusu kişi ve kuruluşlar tarafından açıkça belirtilmese bile, örnek ürünlerde bu özelliklerin açık bir şekilde gözlemlenebilir olmasına dikkat edilmiştir.

Söz konusu firma ve tasarımcılar hakkında özet bir bilgi verilerek, bu kişi veya kuruluşların nitelikleri ve ürünlerinin neden örnek olarak seçildiği kısaca belirtilmiştir.

2.6.1 Ador

Toptan mücevher üretim, satış ve ihracatı yapan büyük İstanbullu firmalardan biri olan Ador, geleneksel ve teknolojik yöntemleri bir arada uygulayan bir tasarımcı ve zanaatkar takımına sahiptir. 3b dijital tasarım ve 3b baskı destekli döküm, firmanın seri üretim için kullandığı yöntemlerdendir.



Şekil 68: 3b baskı destekli döküm yöntemi ile üretilmiş Ador / 2018 Koleksiyonuna ait yüzükler

(<http://www.adorgold.com/default.php?action=urunlerimiz&parent=63&slug=2018-sonbahar> [3 Ocak 2020])



Şekil 69: 3b baskı destekli döküm yöntemi ile üretilmiş Ador / 2018 Koleksiyonuna ait yüzükler

(<http://www.adorgold.com/default.php?action=urunlerimiz&parent=63&slug=2018-sonbahar> [3 Ocak 2020])



Şekil 70: 3b baskı destekli döküm yöntemi ile üretilmiş Ador Arya koleksiyonuna ait Pandantifler

(<http://www.adorgold.com/default.php?action=urunlerimiz&parent=41&slug=arya> [3 Ocak 2020])

2.6.2 Francofontana

1980 yılında kurulan İtalyan asıllı firma, Türkiye'nin de dahil olduğu birçok ülkede bayiye sahiptir. Francofontana geleneksel İtalyan kuyumculuğunu teknolojik araçları kullanarak uygulamaktadır. Tasarımlarında seri üretim mücevherat yanı sıra, Art Nouveau tarzı modellere de yer veren firma, üretim ve tasarım aracı olarak dijital 3b teknolojiden faydalanmaktadır.



Şekil 71: Francofontana tarafından 3b yazıcı destekli döküm ile üretilmiş Art Nouveau tarzı bir küpe

(<http://www.francofontana.com.tr/> [3 Ocak 2020])



Şekil 72: Francofontana tarafından 3b yazıcı destekli döküm ile üretilmiş Art Nouveau tarzı yüzükler

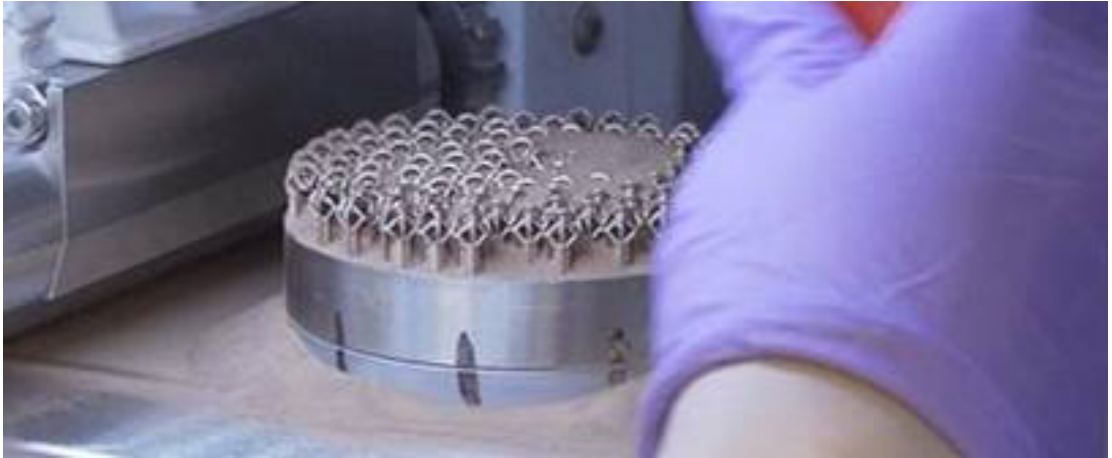
(<http://www.francofontana.com.tr/> [3 Ocak 2020])

2.6.3 Boltensstern

Sven Boltensstern tarafından kurulmuş olan Avusturyalı kuyum firması Boltstern, Sven'in kızı olan Marie Boltstern'in 2015'de kuyum alanına yönelmesi ile 3b metal baskı teknolojisini kullanan sınırlı sayıda firmalardan biri haline gelmiştir. Marie Boltstern, Berlin Teknoloji Üniversitesi Mimari Yüksek Lisans Bölümü mezunudur. Bu bölümde okurken, geometrik ve doğal formların mücevher tasarımına yansıtılması fikri ilgisini çekmiştir. 3b metal baskı teknolojisini gördükten sonra mücevher alanında kullanım fırsatlarını fark etmiş ve bu teknolojiyi kullanarak koleksiyonlar hazırlamıştır. Boltstern firmasının en ilginç özelliği hazır 3b programları kullanmak yerine, kendi matematiksel kodlarını yazarak modelleme yapmasıdır. (<https://boltensstern.com/pages/about-marie-boltensstern> [4 Ocak 2020])



Şekil 73: Resonance Koleksiyonuna ait bir modüler bileklik
(<https://boltenstern.com/collections/resonance/products/resonance-11x36-bracelet-18ct-gold> [4 Ocak 2020])



Şekil 74: Modüler parçaların 3b yazıcı baskı tablasından alınması
(<https://boltenstern.com/pages/technology> [4 Ocak 2020])



Şekil 75: Embrace Koleksiyonuna ait modüler bileklik

(<https://boltenstern.com/collections/embrace/products/embrace-multi-colored-1-row-bracelet-18ct-yellow-gold-color-set-three> [4 Ocak 2020])

2.6.4 Nervous System

Jessica Rosenkrantz ve Jesse Louis Rosenberg tarafından 2007'de kurulan Nervous System, internet tabanlı bir dijital tasarım platformudur. İkisi de MIT'de mühendislik ve matematik alanları okumuş olan Jessica Rosenkrantz ve Jesse Louis Rosenberg, kendi oluşturdukları algoritmayı endüstriyel tasarım üzerinde kullanarak çeşitli ürünler üretmiş ve hem ürünleri hem de yazılımı pazarlama amaçlı bir internet platformu kurmuşlardır. Nervous System tasarım aracı olarak doğada bulunan formları ve yapıları taklit eden, jeneratif bir bilgisayar yazılımı kullanarak parametrik tasarım yapmaktadır. (https://n-e-r-v-o-u-s.com/about_us.php[4 Ocak 2020])



Şekil 76: Nervous System tarafından 3b baskı ile naylon malzemenen üretilmiş Hyphae temalı naylon küpeler

(<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=78> [4 Ocak 2020])



Şekil 77: Nervous System tarafından 3b baskı destekli kayıp mum yöntemiyle üretilmiş Hyphae temalı gümüş yüzük

(<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=103> [4 Ocak 2020])



Şekil 78: Nervous System tarafından 3b baskı destekli yöntemle üretilmiş Floraform temalı gümüş pandantif
(<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=283> [4 Ocak 2020])



Şekil 79: Nervous System tarafından üretilmiş Tetra Kinematics isimli modüler kolye
(<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=212> [4 Ocak 2020])

2.6.5 Nuovi Gioielli

1985' te kurulan Nuovi Gioielli kuyum şirketi, hem geleneksel yöntemleri hem de teknolojiyi bir arada kullanan bir İtalyan firmasıdır. Tasarım olarak geleneksel sepet örgüsü ve doğal formları içeren koleksiyonların yanı sıra doğrudan 3b metal baskıya yönelik mikro modüler sistemleri içeren endüstriyel tasarım ürünü modeller de bu firma tarafından kullanılmıştır. Nuovi Gioielli teknolojik araçlar olarak CNC, lazer kesim ve lazer gravür yöntemleri yanı sıra DLP ve SLM 3b yazıcıları da kullanan sayılı şirketlerdendir. (<https://www.nuovigioielli.com/about/>)



Şekil 80: Nuovi Gioielli tarafından SLM 3b yazıcı ile beyaz altından üretilmiş modüler bileklik

(<https://www.nuovigioielli.com/progettazione-e-tecnologia/> [4 Ocak 2020])



Şekil 81: Nuovi Gioielli tarafından SLM 3b yazıcı ile gümüşten üretilmiş modüler takı
(<https://www.nuovigioielli.com/progettazione-e-tecnologia/> [4 Ocak 2020])



Şekil 82: Nuovi Gioielli tarafından SLM 3b yazıcı ile beyaz altından üretilmiş modüler
saat

(<https://www.nuovigioielli.com/progettazione-e-tecnologia/> [4 Ocak 2020])

2.6.6 Johan Andersson

Sürreal resim ve heykel sanatçısı olan İsveçli tasarımcı, 3b fraktallar oluşturabilen programların ortaya çıkması ile dijital platformda çalışmalar üretmeye başlamıştır. İşleri 2012'de Karlstad Värmlands müzesinde 3b fraktal sanat sergisine alınan sanatçı, fraktalları kavramsal sanattan endüstriyel tasarıma dönüştürmeyi başaran öncü sanatçılardandır. Algoritma ile oluşturduğu fraktalları çeşitli yazılımlar ve dijital tasarım araçları kullanarak 3b yazıcılarla üretilebilir hale getiren Johan Andersson, bu fraktal yapıları kısmen veya bütün olarak tasarımlarına aktarmaktadır. 3b fraktalları ana tasarım ögesi olarak kullanan tasarımcı, bunlardan mücevher, satranç taşları ve biblolar gibi değişik kullanım amaçlı ürünler tasarlamaktadır. Johan Andersson Shapeways adlı firmanın 3b baskı hizmetlerini kullanmaktadır. (<http://www.byfractalmathematics.com/> [17 Şubat 2020])



Şekil 83: Johan Andersson tarafından tasarlanmış bir 3b fraktal yüzük

(<https://www.deviantart.com/mandelwerk/art/3D-Printed-Fractal-Ring-Planetarium-536982917> [17 Şubat 2020])



Şekil 84: Johan Andersson tarafından tasarlanmış 3b fraktal yüzükler
(<https://www.deviantart.com/mandelwerk/art/3D-printed-Fractal-Silver-Ring-Collection-428240359>) [17 Şubat 2020]



Şekil 85: Johan Andersson tarafından tasarlanmış bir 3b fraktal kolye ucu
(<https://www.shapeways.com/product/LJ68WYEEY2/yin-yang-infinity-spiral-pendant>) [17 Şubat 2020])

2.6.7 Jack Row

Geleneksel atın işleme eğitimi almış olan Nottingham doğumlu sanatçı daha sonra Birmigham Sanat ve Tasarım Enstitüsü, Mücevher ve Gümüş İşçiliği bölümünü bitirmiştir. Mezuniyet sonrası Avrupa'nın tanınmış mücevher şirketlerinden birinde çalışan sanatçı, burada CAD teknolojisi ile ilgilenmeye başlamış ve 2008'de Birmigham Enstitüsüne dönerek öğrendiği geleneksel sanatları bilgisayar teknolojisi ile uygulamak üzerinde çalışmıştır. Çoğunlukla değerli metallerden üretilmiş kalemler tasarlayan Jack Row, CAD teknolojisi kullanarak hazırladığı ürünleri ile İngiltere çapında birçok ödül kazanmıştır. Çalışmaları ile Birmigham Sanat ve Tasarım Enstitüsü'nden birçok takdir belgesi de almış olan sanatçı, Birmigham mücevher okulunu ziyaret ettikleri sırada Prens Charles ve eşine birer gümüş kalem hediye etmiştir. Kraliçe Elizabeth Burs Vakfı ile bir arada çalışan sanatçı, bu şekilde İngiliz Kraliyet Ailesi İçin Kuyumcular Sergisi'ne bireysel olarak katılmıştır. (<https://jackrow.com/about.htm> [24 Şubat 2020])



Şekil 86: Jaali Koleksiyonuna ait bir kalem

(https://jackrow.com/jaali_collection.htm [24 Şubat 2020])



Şekil 87: Jaali koleksiyonuna ait kol düğmeleri
(https://jackrow.com/jaali_collection.htm [24 Şubat 2020])



Şekil 88: Architect Koleksiyonuna ait bir kalem
(https://jackrow.com/architect_collection.htm [24 Şubat 2020])



Şekil 89: Architect Koleksiyonuna ait kol düğmeleri
(https://jackrow.com/architect_collection.htm [24 Şubat 2020])

2.6.8 DR. Lionel Theodor Dean

Kendisini ürün sanatçısı olarak tanımlayan Lionel Theodor Dean, 2002'de FutureFactories stüdyosunu kurmuştur. Özellikle bilgisayar destekli tasarım ve 3b baskı üzerine yoğunlaşan sanatçı, galeri ve sergi amaçlı ürünler yanı sıra kullanılabilir eşyalar da tasarlamıştır. Tasarımların bir bölümü New York Modern Sanat Müzesi ve Barselona Tasarım Müzesi'nin kalıcı koleksiyonlarında sergilenmektedir. (<http://www.futurefactories.com/about> [25 Şubat 2020])



Şekil 90: 3b doğrudan metal baskı ile üretilmiş Due Couri Koleksiyonuna ait pandantif
(<http://www.futurefactories.com/work-item/section-2-item-1> [25 Şubat 2020])



Şekil 91: 3b doğrudan metal baskı ile üretilmiş Orbis Koleksiyonuna ait yüzükler
(http://www.futurefactories.com/assets/work/section2/item3/slide_01.jpg [25 Şubat 2020])



Şekil 92: 3b tarayıcı ve 3b doğrudan metal baskı ile üretilmiş Collect Koleksiyonuna ait
bir bileklik
(<http://www.futurefactories.com/work-item/section-2-item-2> [25 Şubat 2020])

3. BÖLÜM

TEZ KAPSAMINDA KOLEKSİYON HAZIRLAMA

3. BÖLÜM

TEZ KAPSAMINDA KOLEKSİYON HAZIRLAMA

3.1 Koleksiyonların Çıkış Noktaları

İlk koleksiyonda tasarım teması olarak rüzgar seçilmiştir. Bu temada değinilmek istenen rüzgar kavramı, insanların doğaya karşı sorumsuzluğu sonucu ortaya çıkan felaketlerdir. Her geçen sene küresel afetlerin sayısı artmakta ve bu durum tamamen doğal bir şey gibi algılanmaktadır. Bilim insanları küresel ısınmanın gerçekliğini ve önlem alınmazsa gelecekte karşılaşılabilecek çevresel sorunları açıkça ortaya koymalarına rağmen, bu teoriler ekonomiyi elinde tutan kesim tarafından komplo teori olarak damgalanmakta ve ciddiye alınmamaktadır. Bu ciddiyetsizliğin sonucu sayısı artan felaketlerden biri de hortumlardır. Bilim adamları tarafından bölgesel ısı değişimlerinin sonucu olarak tanımlanan bu afetler, yerleşim yerlerinde görülmeye başladığı için toplum tarafından "doğanı gazabı" olarak algılanmaya başlamıştır. Bu küresel krizin sonuçları ülkemizde de görülmektedir. Son birkaç yılda özellikle Akdeniz ve Ege bölgesinde, daha önce sık rastlanmayan hortumlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Sanayileşmenin ve insan sayısının artması doğal dengeyi etkilemekte, normal şartlarda seyrek rastlanan doğal afetlerin sayısı artmaktadır. Rüzgar temasıyla alev hortumu olarak bilinen doğal afetler görsel tasarım ögesi olarak kullanılmış, küresel ısınmanın ciddiyeti konusunda farkındalık yaratan tasarımlar amaçlanmıştır. İmaj paftasını oluşturmak için internetten alınan resimler ve Adobe Photoshop programının deneme sürümünden faydalanılmıştır.



Şekil 93: Rüzgar koleksiyonu imaj paftası

İkinci koleksiyonda tasarım teması olarak toprak seçilmiş, toprağın ve tarımın önemini vurgulayan tasarımlar amaçlanmıştır. Ülkemizde her sene çarpık kentleşme, yanlış tarım ve sulama yöntemleri nedeniyle verimli topraklar kaybedilmektedir. Her sene daha kötüye giden küresel ekonomi, yeni krizler ve Türkiye'nin giderek dış ticarete kapalı hale gelmesi, tarımın hayati önemini yeniden gündeme getirmeye başlamıştır. Geçmişe bakılınca Türkiye'nin refahının ve kendine yeten bir ülke olmasının temelinde tarım yatmaktadır. Bu koleksiyonda görsel tasarım ögesi olarak kurak toprak yüzeyleri kullanılarak, toprağın hayati önem taşıdığına dikkat çekmek istenmiştir. İmaj paftasını oluşturmak için internetten alınan resimler ve Adobe Photoshop programının deneme sürümü kullanılmıştır.



Şekil 94: Toprak koleksiyonu imaj paftası

Üçüncü koleksiyonda tasarım teması olarak deniz seçilmiş, deniz ekosisteminin tehlikede olduğuna dikkat çeken tasarımlar amaçlanmıştır. Kaçak avlanma, yasaklara uyulmaması ve denizlerin kirletilmesi nedeni ile denizlerdeki yaşam hızla azalmaktadır. Bu koleksiyonda tasarım ögesi olarak geçmişte İzmir bölgesinde bulunmuş ancak ekosistemin gördüğü zarardan dolayı günümüzde pek rastlanmayan bir deniz kabuğu kullanılmıştır. Bu obje soyutlanarak konstrüktivist bir forma dönüştürülmüş, iskeletimsi görünüme sahip ürünler amaçlanmıştır. İskelet formundaki bu deniz kabuğu, denizlerdeki hayatın kaybolmasını temsil etmektedir. İmaj paftasını oluşturmak için somut obje fotoğraflanmış ve dönüştürülmek istenen formu yansıtan görseller internetten toplanmıştır. Görselleri bir araya getirmek için Adobe Photoshop programının deneme sürümünden faydalanılmıştır.



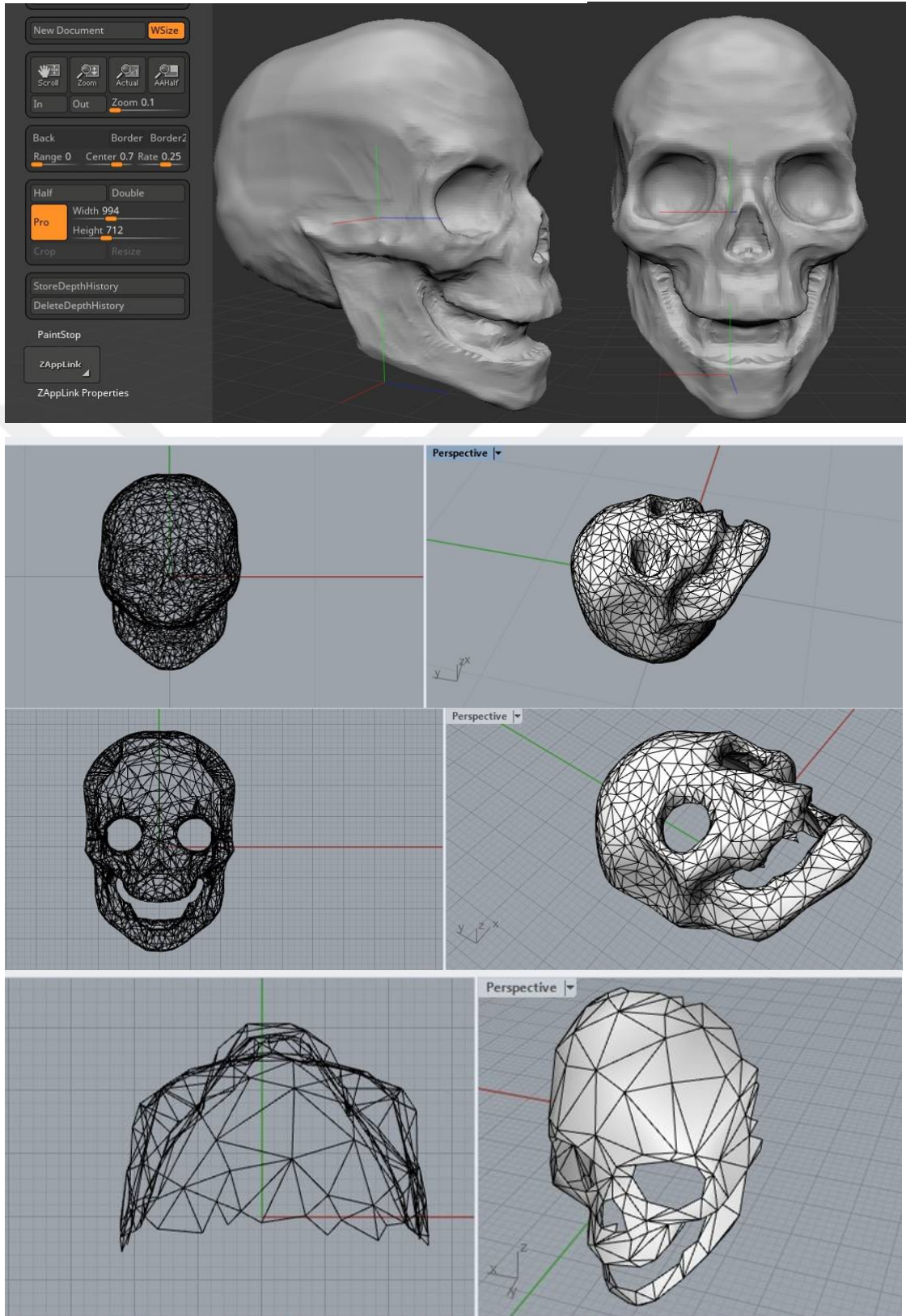
Şekil 95: Deniz koleksiyonu imaj paftası

3.2 Koleksiyonların Tasarım ve Modelleme Süreci

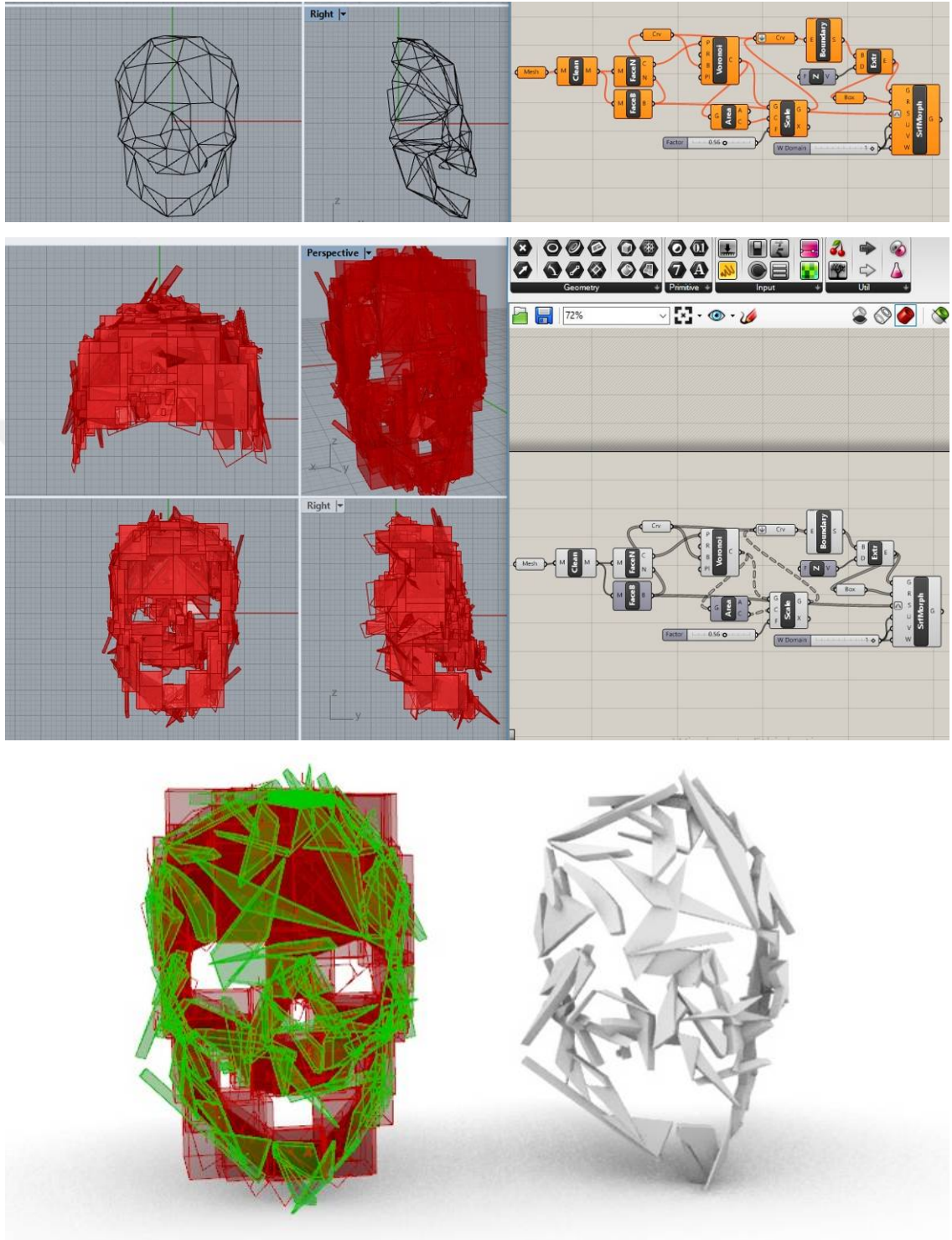
Tez kapsamında hazırlanan koleksiyonların temel amacı dijital tasarım yöntemlerinin mücevher tasarımında kullanımına örnek teşkil edebilecek şekilde kullanımı olduğu için, tasarım sürecini belirleyen ilk kıstas dijital araçların özellikleri olmuştur. İlk başta her koleksiyon için farklı dijital tasarım yöntemlerinin kullanımı planlanmış, ancak uygulama sürecinde üretime uygun modellerin ortaya çıkmasının tez sürecini aşacağı fark edilerek daha optimize yöntemler izlenmiştir.

İlk başta kullanılması planlanmış üç farklı dijital tasarım yöntemi vardır. Bunlar sırasıyla, dijital heykel modelleme yönteminin parametrik yüzey tasarımı ile kullanımı, 3b fraktalların tasarım ögesi olarak kullanımı ve parametrik tasarımın doğrudan kullanımıdır.

Dijital heykel tekniğinin tek başına kullanımı mücevher ve takı modellerinin oluşturulmasında her zaman verimli olmamakla beraber, endüstriyel tasarıma daha uygun programlarla bir arada kullanılmaya oldukça elverişlidir. Mudbox veya Zbrush gibi programlarda oluşturulan amorf formlar Rhino programına aktarılarak kolayca bir takı modeline dönüştürülebilmektedir. Ancak bu noktada projede amaçlandığı gibi modelin parametrik yüzey tasarımı denendiğinde sorunlarla karşılaşmıştır. Parametrik yüzey tasarım algoritmaları çoğunlukla poligonlara bölünmemiş veya az poligonlu yüzeylerin üzerinde karmaşık yüzeyler oluşturmaya yönelik hazırlanmıştır. Bu yüzden bol miktarda poligon içeren mesh objeler üzerinde bu yöntem uygulandığında istenmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak farklı bir yöntem denenmiş, Grasshopper programında söz konusu mesh yüzeyin poligon sınırları curvlere dönüştürülüp daha sonra bu curvleri temel olarak kullanan solid yüzeyler oluşturulmaya çalışılmıştır. Oluşturulan solid yüzeyler poligon köşelerinde birbirinin üzerinden geçtiği ve açık veya birbirinin üzerine binen yüzeyler olduğu için üretime uygun bir model ortaya çıkmamıştır. Bu yöntemdeki sorunları otomatik olarak çözmek ve poligonların parametrik tasarımını çok daha sorunsuz şekilde uygulayabilmek için hazırlanmış Weverbird ve Lunchbox gibi ek algoritmalar vardır ancak bu ek yazılımlara ulaşamadığı için, söz konusu koleksiyonun tasarım içeriği değiştirilmiştir.

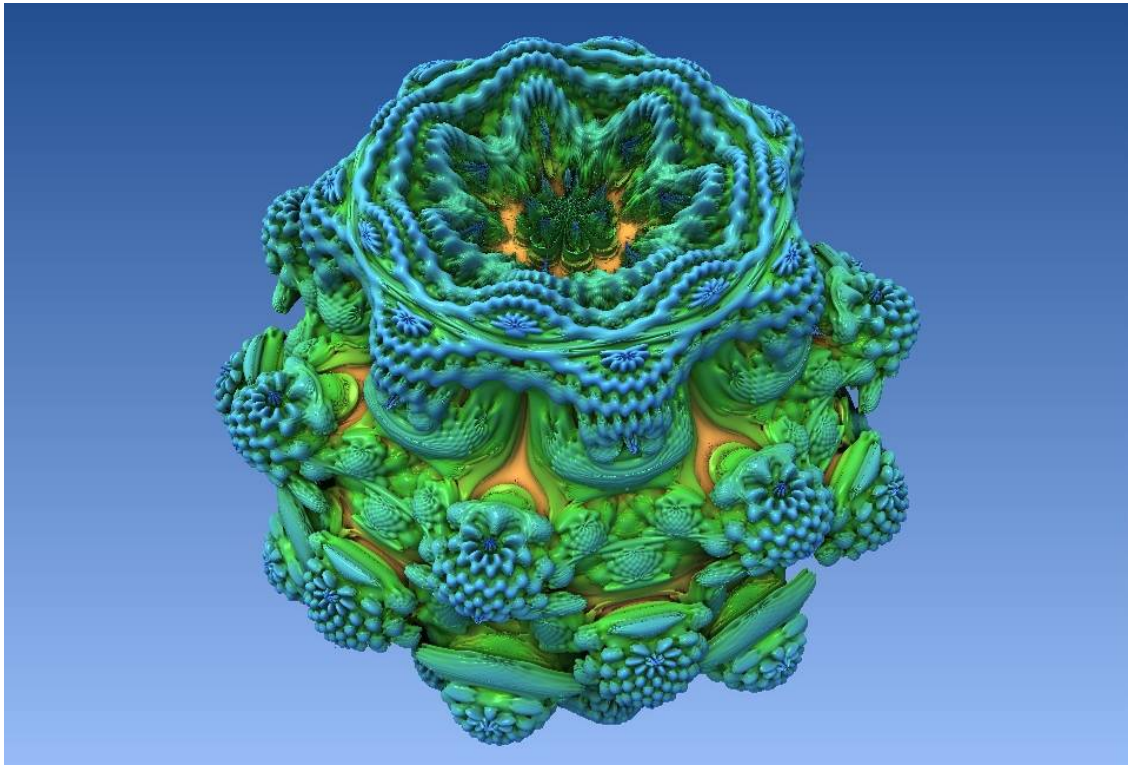


Şekil 96: Zbrush ile modellenen mesh objenin az poligonlu NURBS yüzeye çevrilmesi

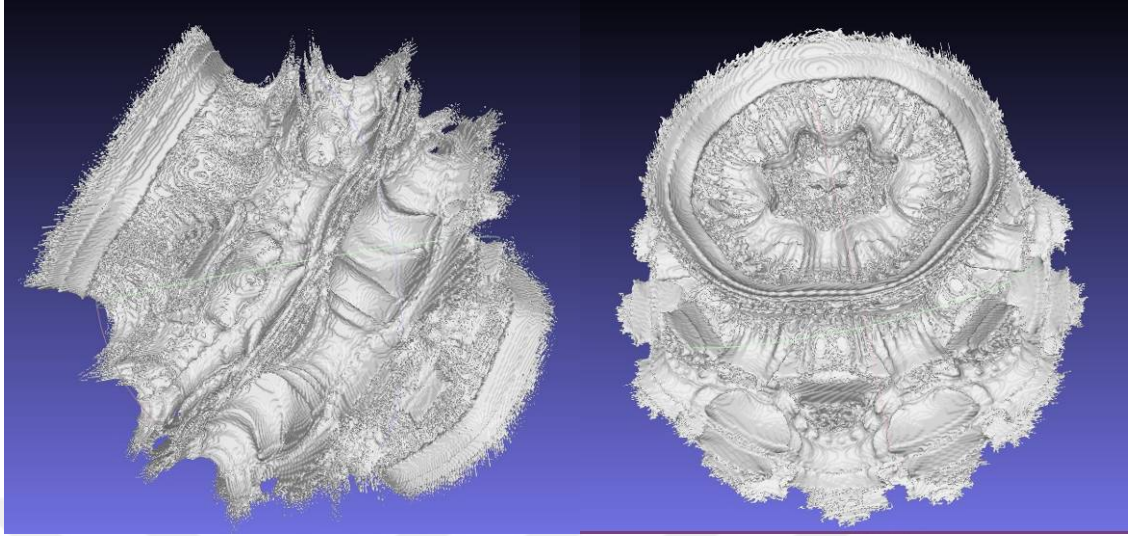


Şekil 97: Hazırlanmış NURBS yüzey üzerinde parametrik tasarımın denenmesi

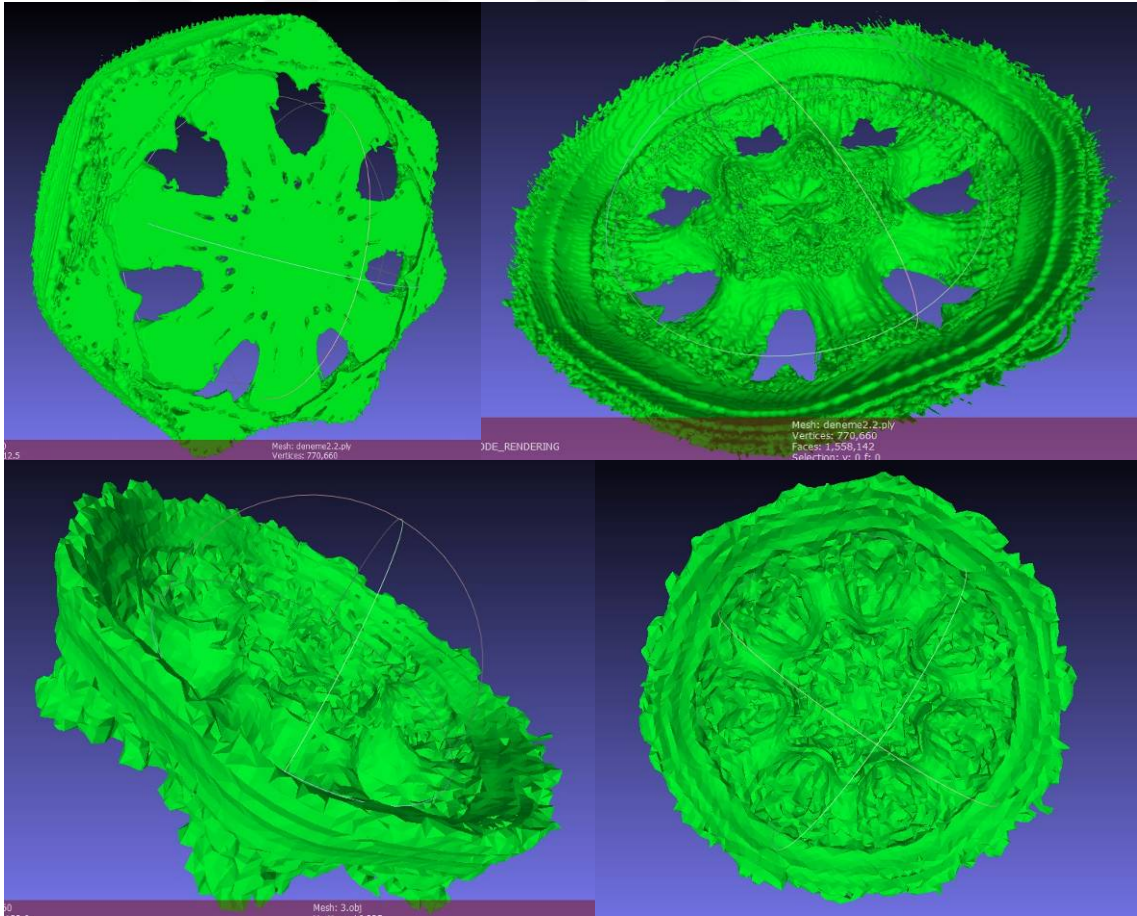
3b fraktalların tasarım ögesi olarak kullanımında da benzeri teknik sorunlarla karşılaşmıştır. Mandelbulb3d ve Fiji adlı iki program bir arada kullanılarak bir adet fraktal önce üçboyutlu hale daha sonrada 3b dijital objeye dönüştürülmüştür. Ancak bu 3b objenin solid bir modele dönüştürmesinde esas sorunlarla karşılaşmıştır. Süreçte gözlemlendiği kadarıyla 3b fraktalların oluşturulması oldukça kolaydır, ama ortaya çıkan 3b objeler oldukça karmaşık, birbiri üstüne katlanan veya tamamen boşta kalan birçok poligon yüzeyden oluştuğu için ek bir ayıklama programı ile sadeleştirilmesi gerekmektedir. Bu tip 3b yüzey temizleme programları toplu olarak boşta kalan poligonları, üst üste gelen poligonları ve yüzey tanımlaması olmayan noktalar gibi birçok gereksiz ögeyi seçip ayıklanmasına yardımcı olmaktadır. Ancak bu programlarla yapılan temizleme işlemi sonucunda bile istenmeyen öğeler kalabilmekte veya gerekli bazı öğeler çıkarıldığı için 3b şekil programlar tarafından bir yüzey olarak algılanamamaktadır. Bu 3b obje temizleme süreci oldukça zaman almış ve daha fazla uğraşıldığında tezin bitiş sürecini aşılabileceği öngörülerek, 3b fraktalların tasarım ögesi olarak kullanımı fikri terk edilmiştir.



Şekil 98: Mandelbulb3d programı ile oluşturulmuş 3b fraktal



Şekil 99: 3b fraktalın mesh objeye çevrilmesi ve sadeleştirilmesi



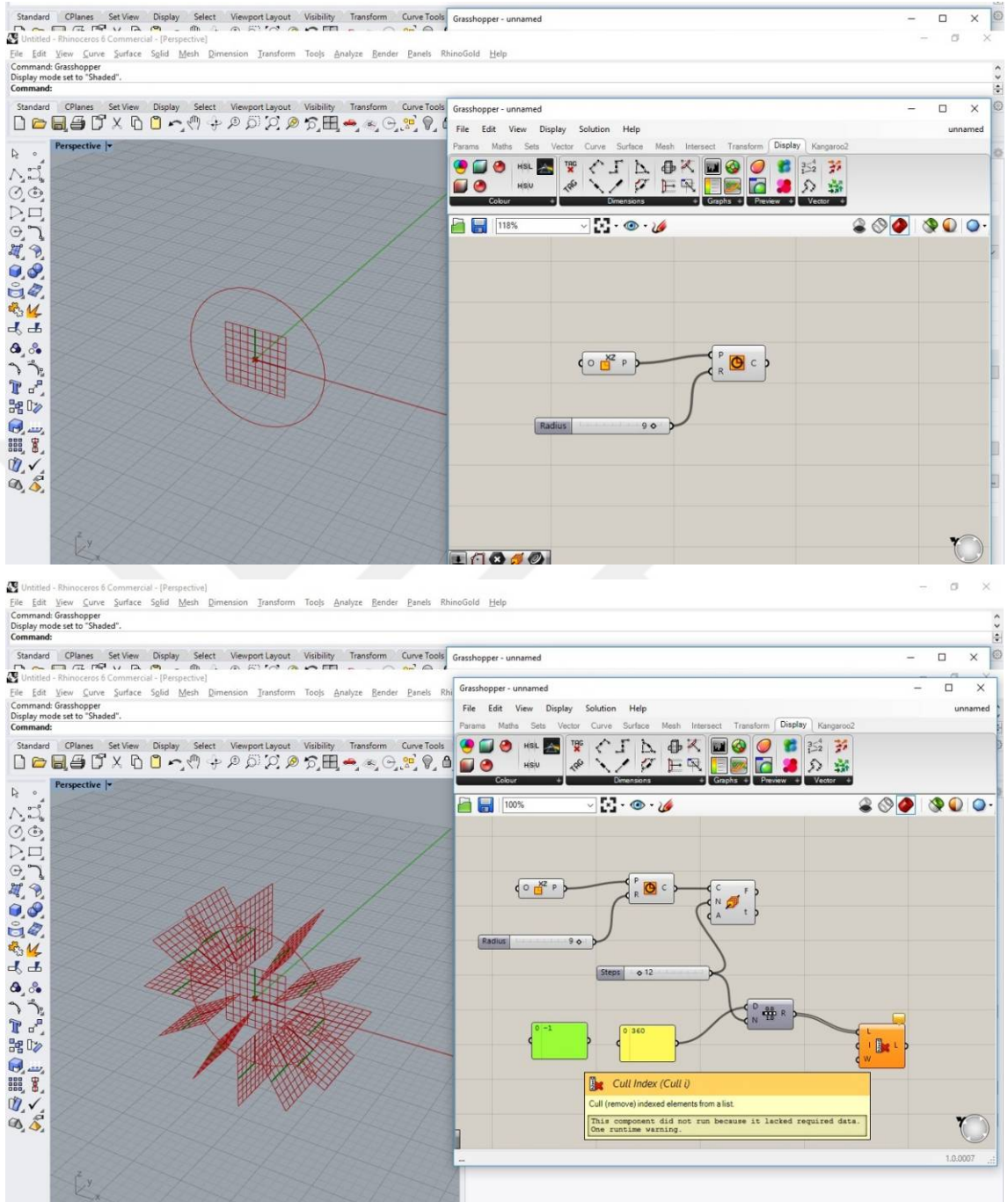
Şekil 100: 3b fraktaldan tasarım ögesi olarak alınan ve sadeleştirilen parçalar

İleri seviyede dijital modelleme yapılırken çoğunlukla birden fazla program kullanılması ve sonuç olarak üretime uygun modellerin ortaya çıkmasının bol miktarda deneme yanılmaya bağlı olması nedeni ile bu süreçlerin tamamlanma süresi öngörülememiştir. Bu kaygılar nedeni ile tasarımdan üretime kadar olan süreci verilen süre içerisinde tamamlayabilecek ve aynı zamanda da takı ve mücevher tasarımı alanında göreceli olarak yeni bir dijital teknolojinin uygulanmasını sağlayabilecek koleksiyonların oluşturulmasına karar verilmiştir.

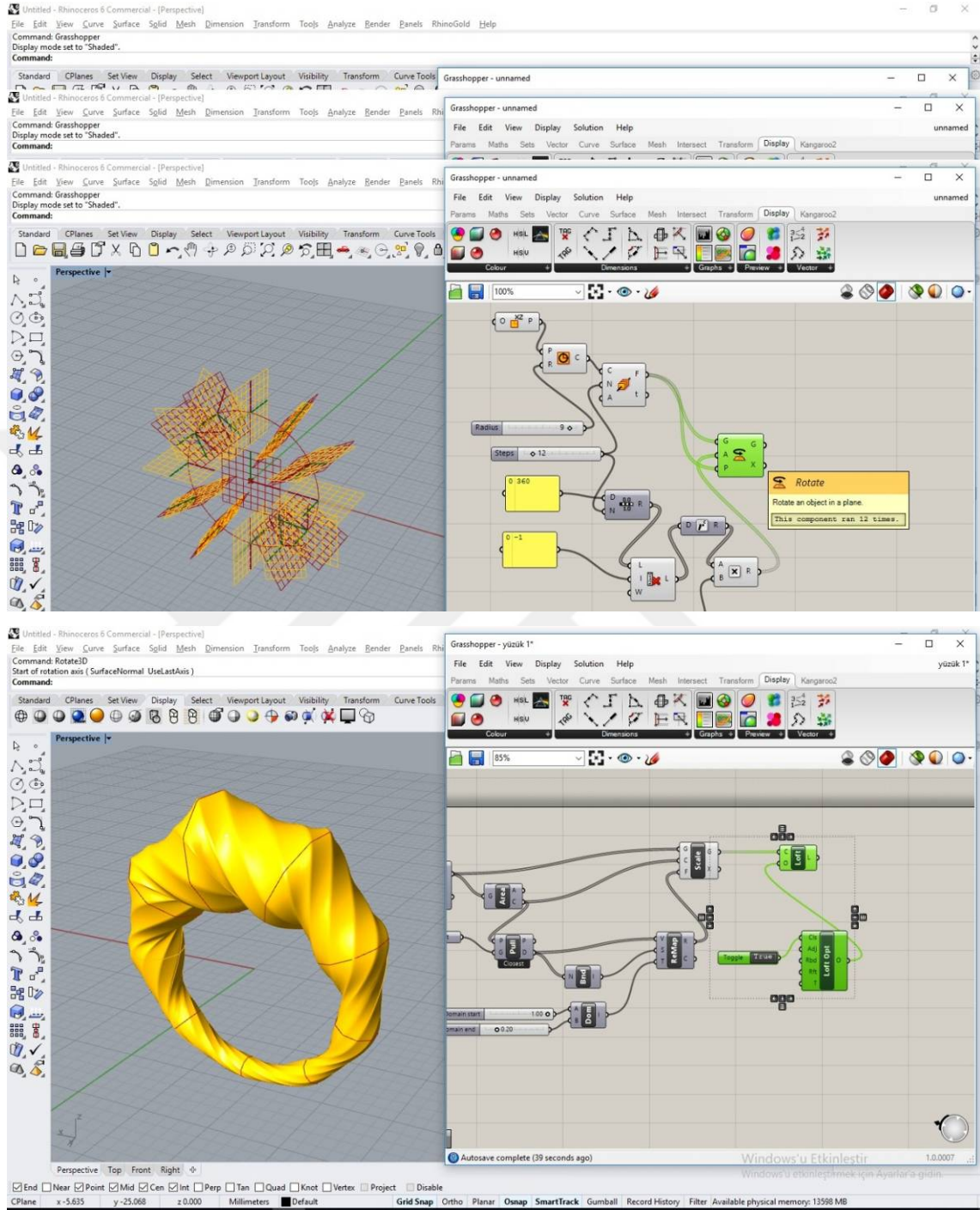
3.2.1 Koleksiyon 1: Tasarım ve Modelleme Süreci

Bu koleksiyona ait takılar tasarlanırken rüzgarın fiziksel özellikleri göz önünde bulundurularak, hacimli görünen ama olabildikçe hafif ürünler tasarlanmak istenmiştir. Sanat amaçlı üretilen hacimli mücevherler ile ticari amaçlı hafif ve minimal takı anlayışı arasında kalan, optimal tasarımlar hedeflenmiştir. Çıkış noktası olarak kullanılmak üzere internetten rüzgar temasını yansıtan görseller bulunmuş ve bu görsellerden faydalanarak ürün eskizleri oluşturulmuştur.

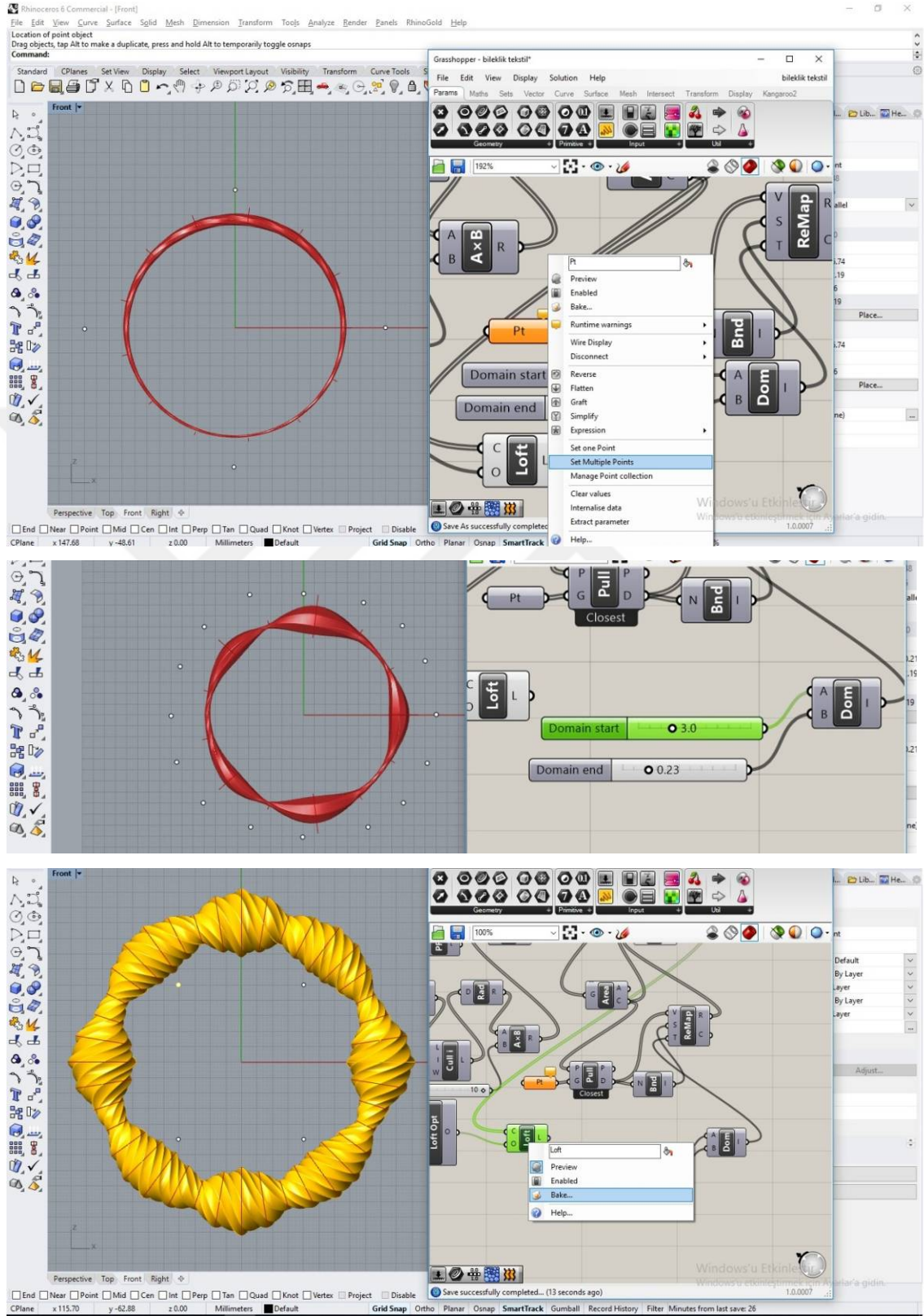
Rüzgar koleksiyonu ürün tasarımları, özellikle tezin amacına hizmet edecek bir modelleme şeklinin kullanımına uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Parametrik tasarım yöntemi mücevher tasarımında kullanılarak bu yöntemin pratikte uygulanabilirliği gözlemlenmeye çalışılmış, sonuç olarak konseptte uygun ve sınırları modelleme yöntemi ile belirlenmiş tasarımlar ortaya çıkmıştır. Bu koleksiyonda tamamen parametrik dijital tasarım kullanılarak, başka herhangi bir dijital tasarım yönteminden yararlanılmadan modelleme yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla Rhino 6 platformunda Grasshopper programı kullanılarak çeşitli parametrik modelleme yöntemleri incelenmiş ve tasarımları amaçlanan forma yakın şekilde oluşturabilecek bir parametrik yöntem bulunmuştur. Bu parametrik yöntemin çeşitli verileri değiştirilerek yüzük, bileklik ve küpe olmak üzere üç farklı ürün tipinin modellenmesi için kullanılmıştır. Küpe iğnelerini oluşturmak için standart B-rep ve CSG modelleme yöntemleri kullanılmıştır.



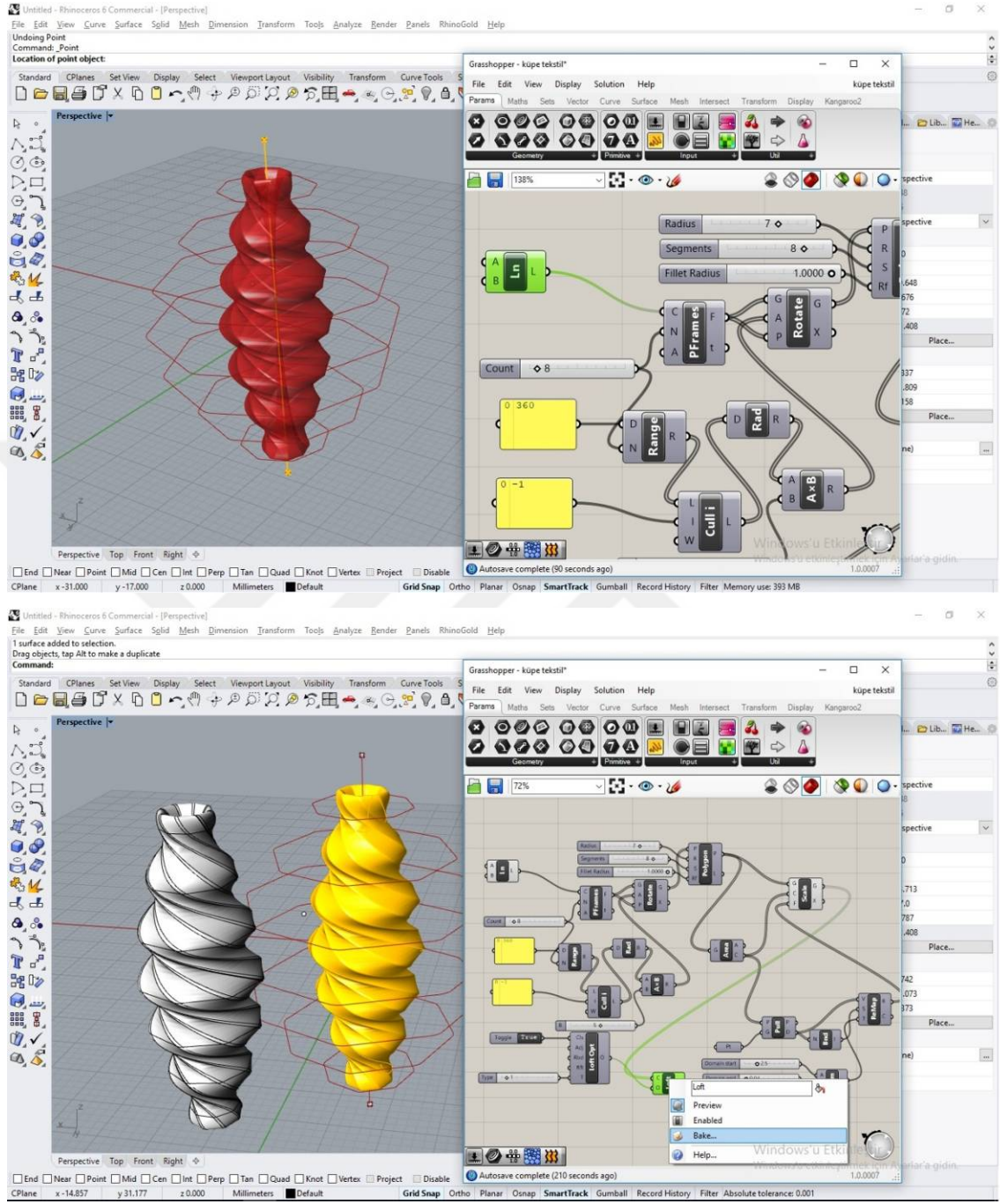
Şekil 101: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci



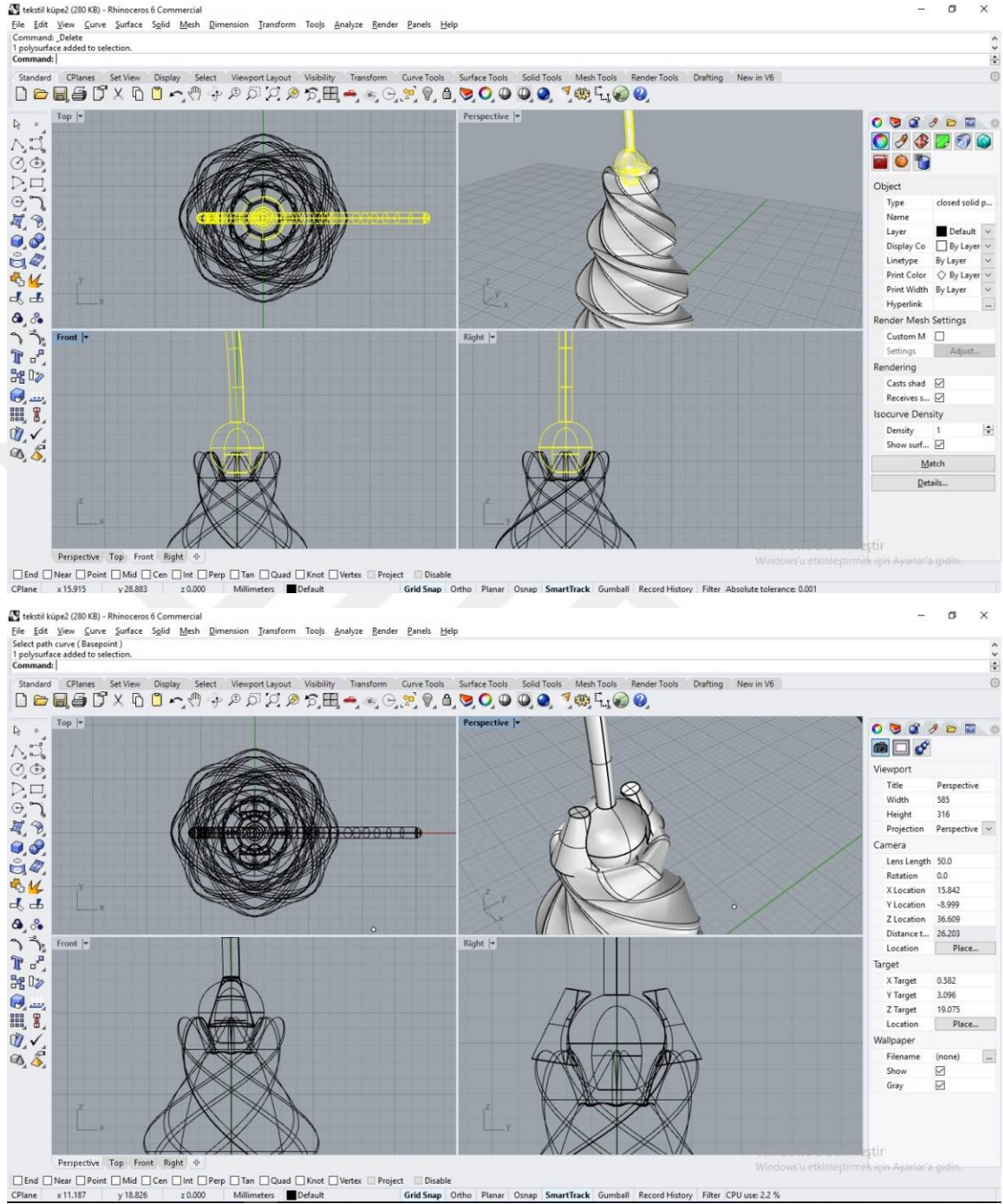
Şekil 102: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci



Şekil 103: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci



Şekil 104: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci

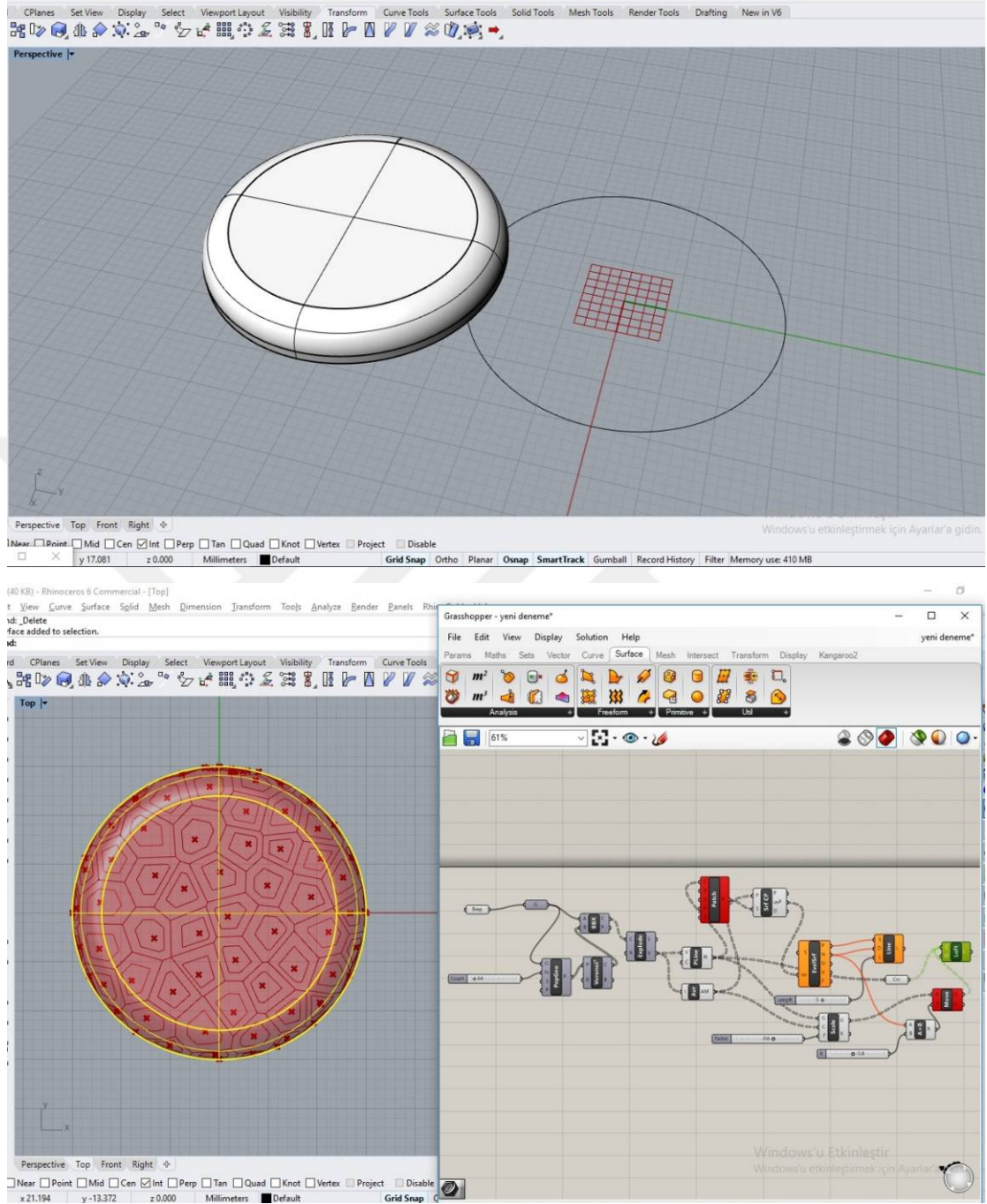


Şekil 105: Rüzgar koleksiyonu modelleme süreci

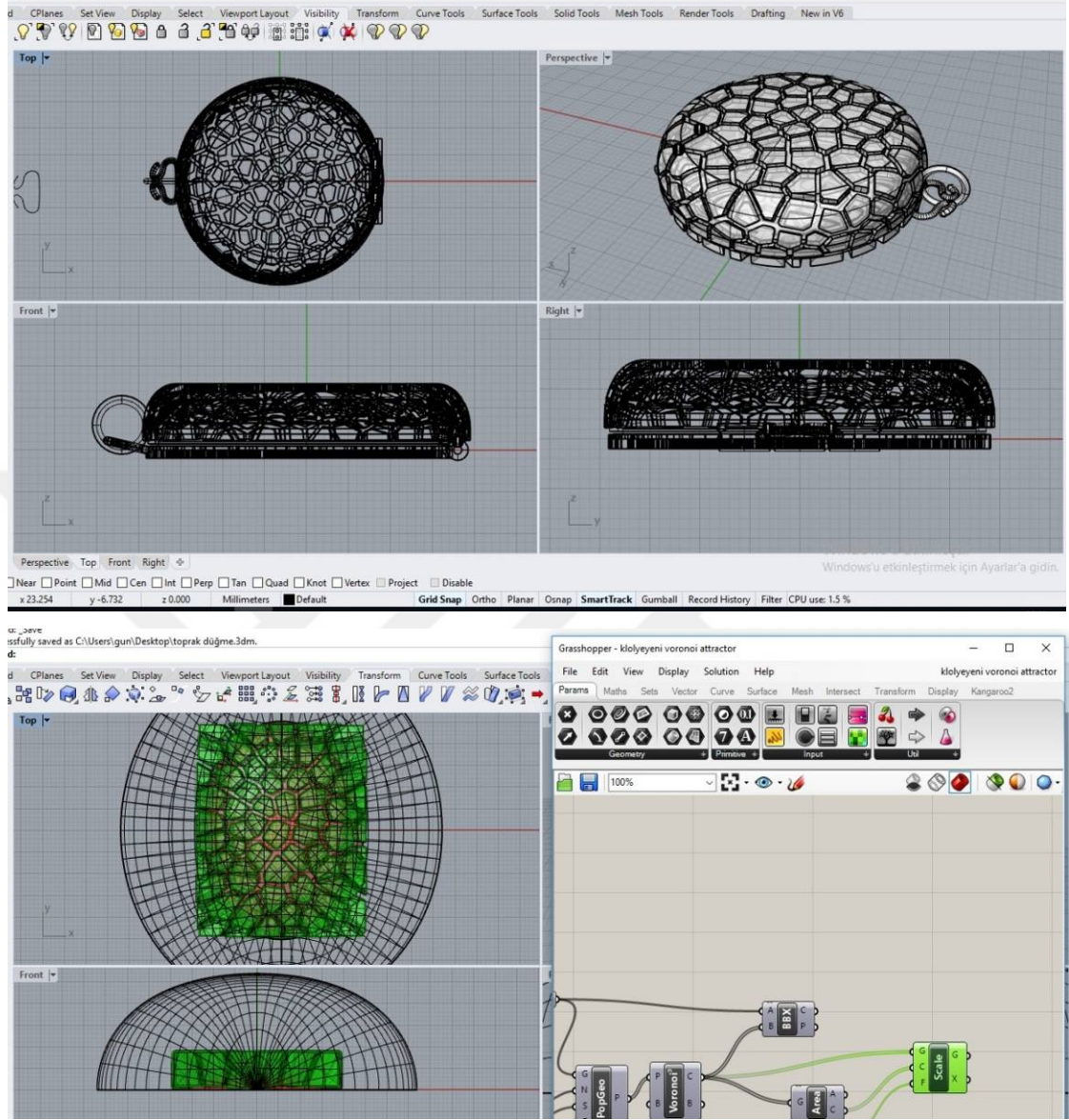
3.2.2 Koleksiyon 2: Tasarım ve Modelleme Süreci

Toprak koleksiyonu, ürün tasarımından çok yüzey tasarımına odaklanan bir koleksiyondur. Standart olarak kullanılan ürün türlerinin dijital araçlarla modellenmesi ve bu ürünlerin üzerinde yüzey çalışmaları amaçlanmıştır. Kurak toprak yüzeyini imite eden formlar, dijital araçların yardımıyla ürün yüzeylerine uygulanarak 3b baskı üretimine uygun, çağdaş yüzey tasarımları hedeflenmiştir. Sade görünümlü, standart ürün formunun dışına taşmayan bir tasarım dili seçilerek, ticari minimalist trendlere yakın bir koleksiyon oluşturulmaya çalışılmıştır. Tasarımları oluşturmak için önce temayla alakalı görseller toplanarak imaj paftası oluşturulmuş, daha sonra da ürün eskizleri hazırlanmıştır.

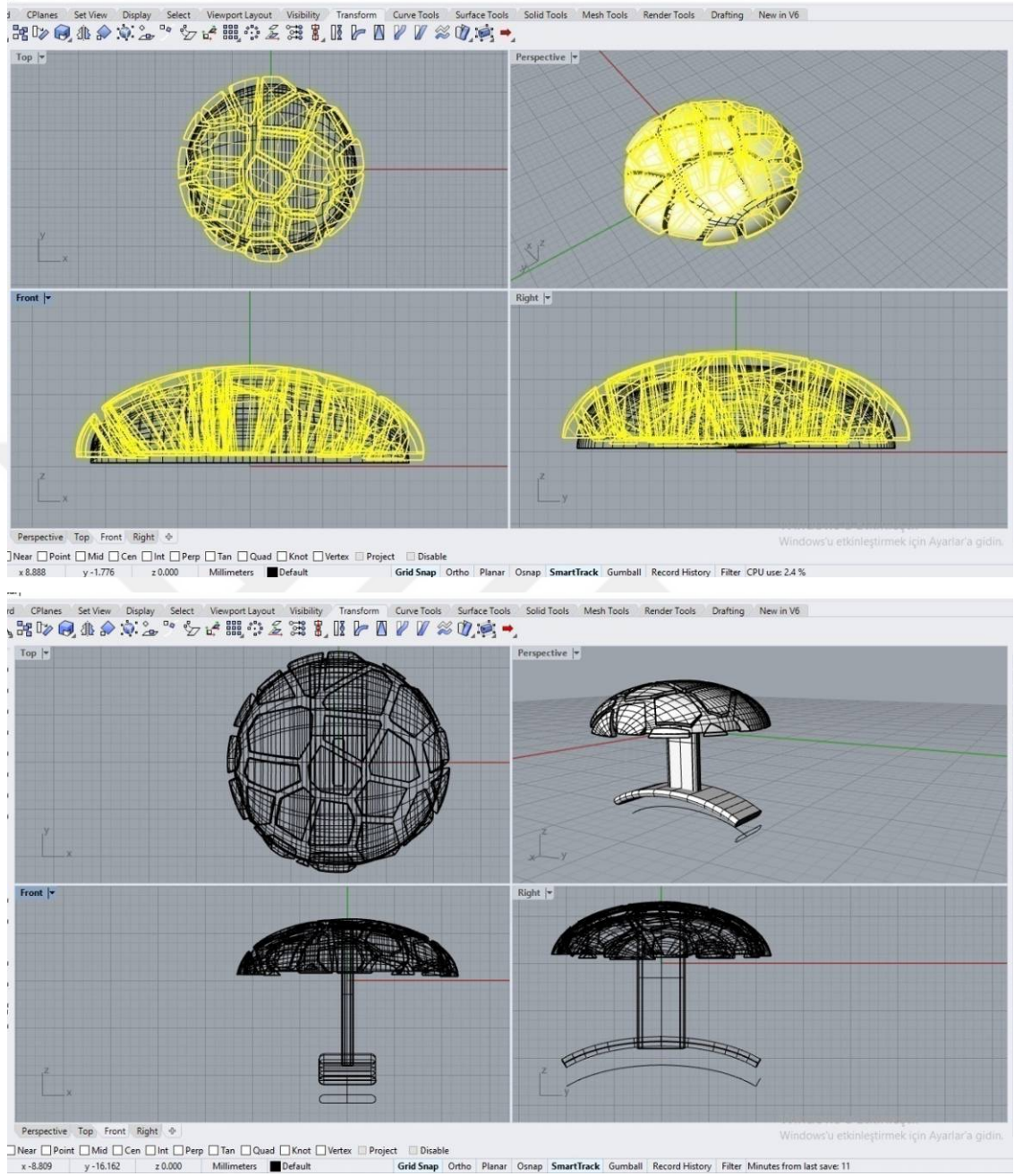
Toprak koleksiyonu ürün tasarımları, tezin amacına hizmet edecek bir modelleme şeklinin kullanımına uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Parametrik tasarım yöntemi mücevher yüzey tasarımında kullanılarak bu yöntemin nasıl kullanıldığı gözlemlenmeye çalışılmış, sonuç olarak konseptte uygun ve sınırları modelleme yöntemi ile belirlenmiş yüzey tasarımları ortaya çıkmıştır. Bu koleksiyonda yüzey tasarımı aşamasında parametrik dijital tasarım ve temel modelleme için standart CSG, B-rep yöntemleri kullanılmıştır. Bu amaçla Rhino 6 platformunda Grasshopper programı kullanılarak çeşitli parametrik modelleme yöntemleri incelenmiş ve toprağın yüzey formlarını kısmen yansıtan bir parametrik yöntem bulunmuştur. Bu parametrik yöntem bütün ürünlerin yüzeyine uygulanarak kutu pendentif, kol düğmesi ve kravat iğnesi olmak üzere üç farklı ürün tipinin modellenmesi için kullanılmıştır.



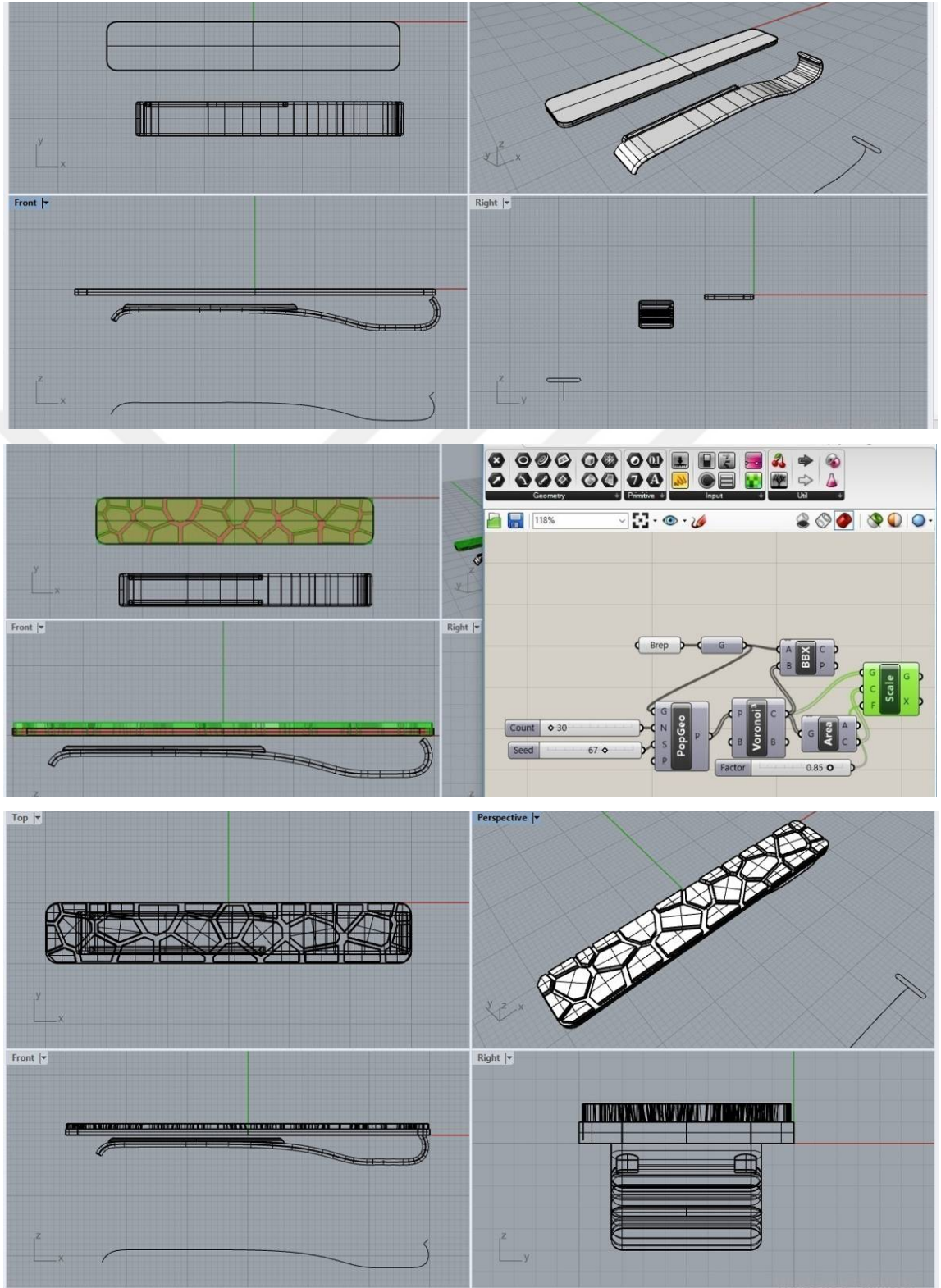
Şekil 106: Toprak koleksiyonu modelleme görüntüleri



Şekil 107: Toprak koleksiyonu modelleme görüntüleri



Şekil 108: Toprak koleksiyonu modelleme görüntüleri

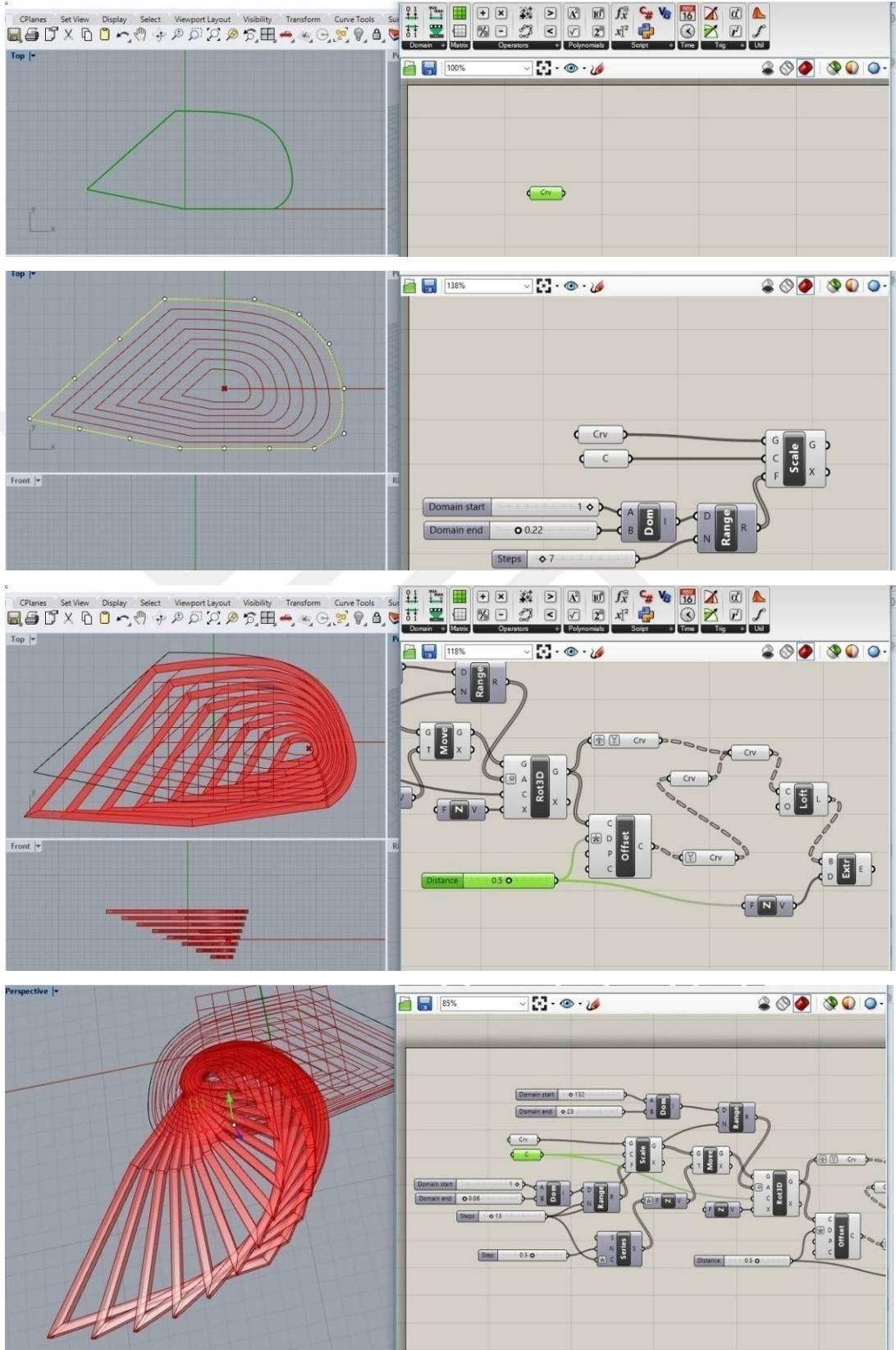


Şekil 109: Toprak koleksiyonu modelleme görüntüleri

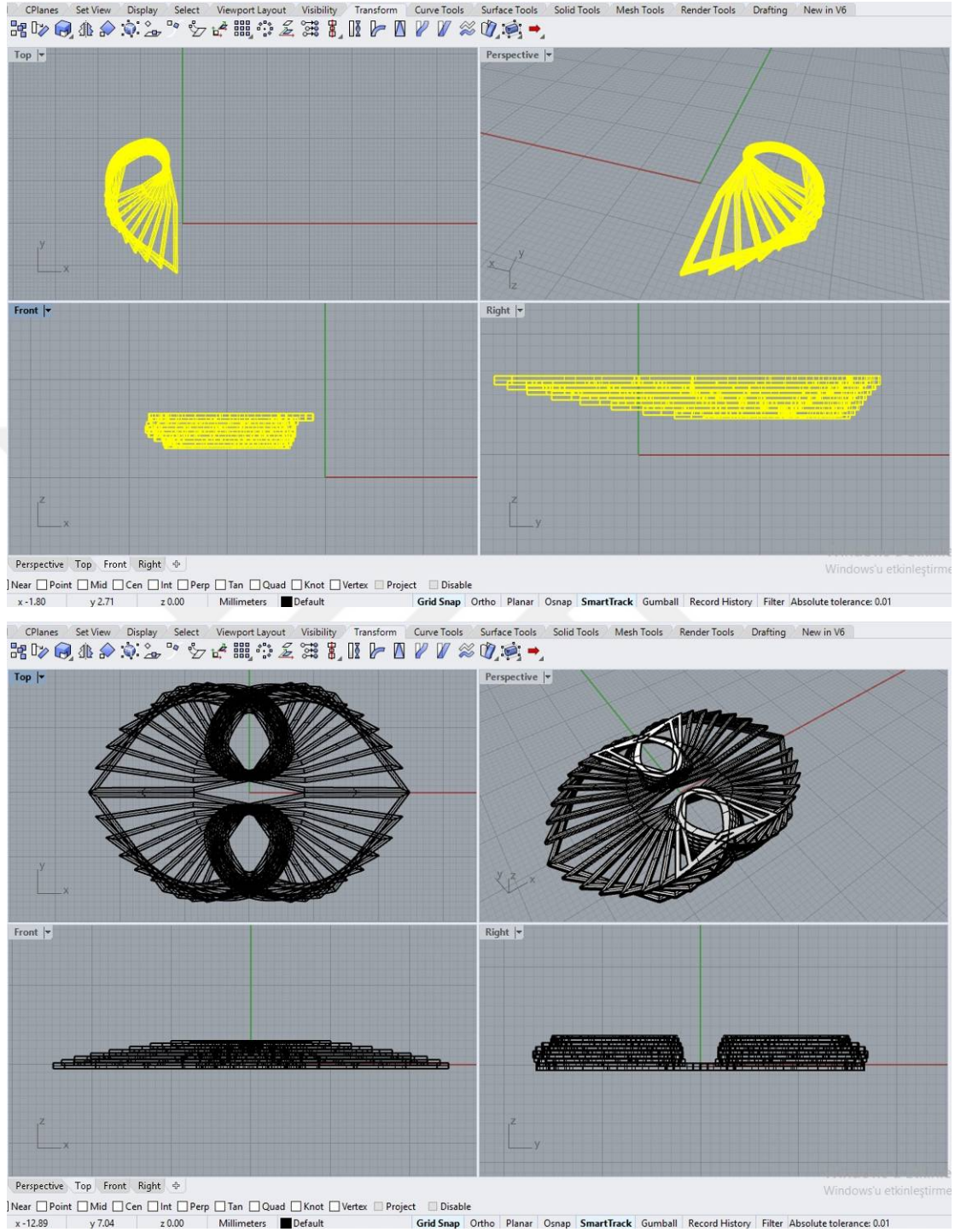
3.2.3 Koleksiyon 3: Tasarım ve Modelleme Süreci

Deniz koleksiyonunun da temel olarak amaçlanan tasarım biçimi, tasarım ögesini soyutlayarak farklı bir kavramı yansıtan takılara çevirmektir. İzmir'in Karaburun bölgesinde bulunan bir tür deniz kabuğu, İzmir'in denizini görsel olarak temsil eden bir tasarım ögesi olarak seçilmiş, bu fiziksel öge geometrik olarak analiz edilip stilize bir forma çevrilmiştir. Stilize iki boyutlu formlar parametrik tasarımda kullanılarak çağdaş, minimalist bir mücevher tasarım dili uygulanması amaçlanmıştır. Tasarımları oluşturmak için önce temanın temelini oluşturan nesneyi ve amaçlanan form biçimlerini yansıtan görseller toplanarak imaj paftası oluşturulmuştur. Bu görsellerden yola çıkılarak stilize formlar ve eskizler çizilmiştir.

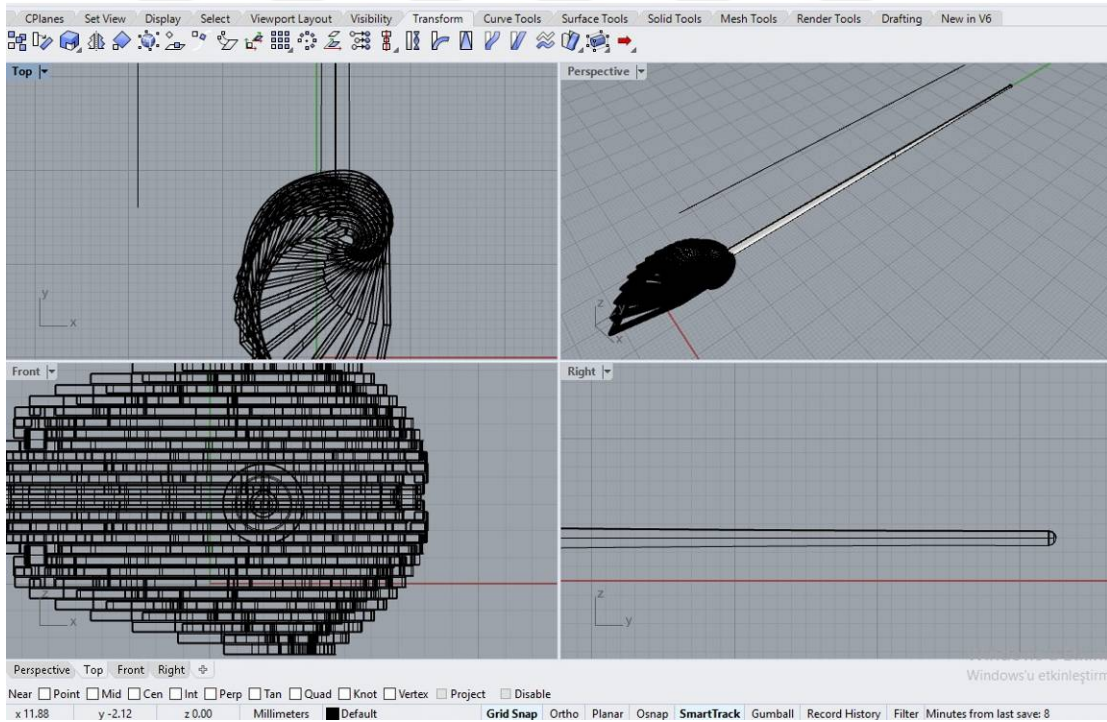
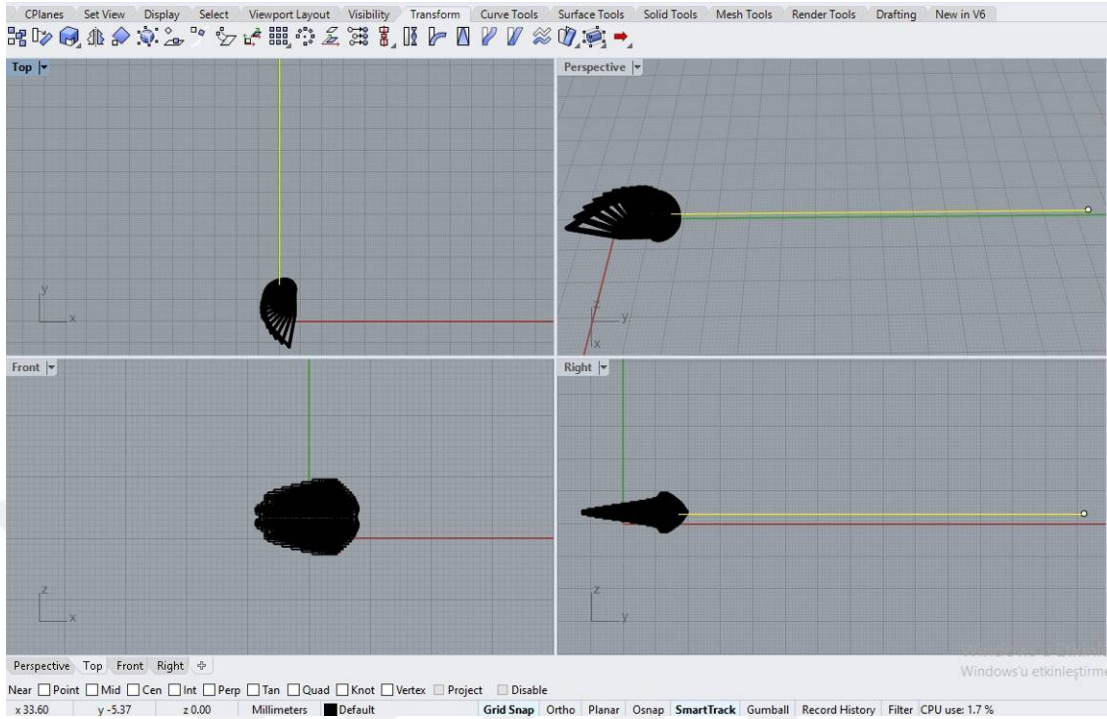
Deniz koleksiyonu ürünleri parametrik tasarım araçları kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Parametrik tasarımın hızlı bir şekilde ürün oluşturulmasında kullanımı denenmiş, ürünler modellenirken çeşitli form çoğaltma yöntemlerinden faydalanılmıştır. Soyut 2b iskeletin oluşturulmasında parametrik tasarım kullanılmış, küpe, broş ve saç iğnesinin aparatlarının oluşturulmasında standart CSG, B-rep modelleme yöntemleri izlenmiştir. Rhino 6 platformunda Grasshopper programının kullanımı ve çeşitli parametrik modelleme yöntemleri incelenmiş, tasarımları amaçlanan forma yakın bir şekilde oluşturabilecek parametrik yöntemler bulunmuştur. Modelleme için seçilen parametrik yöntem, bütün ürünlerin temel modelini oluşturmakta kullanılarak küpe, broş ve saç iğnesi olmak üzere üç farklı ürün tipi modellenmiştir. Teknik çizim ve artistik çizim paftalarının oluşturulması için Rhino 6 programının genel özelliklerinden yararlanılmıştır. Teknik çizimde gösterilen rakamsal değerler mm. olarak, 3b modellerin 2b kesitleri birebir kullanılmak suretiyle hesaplanmıştır.



Şekil 110: Deniz koleksiyonu modelleme süreci görüntüleri



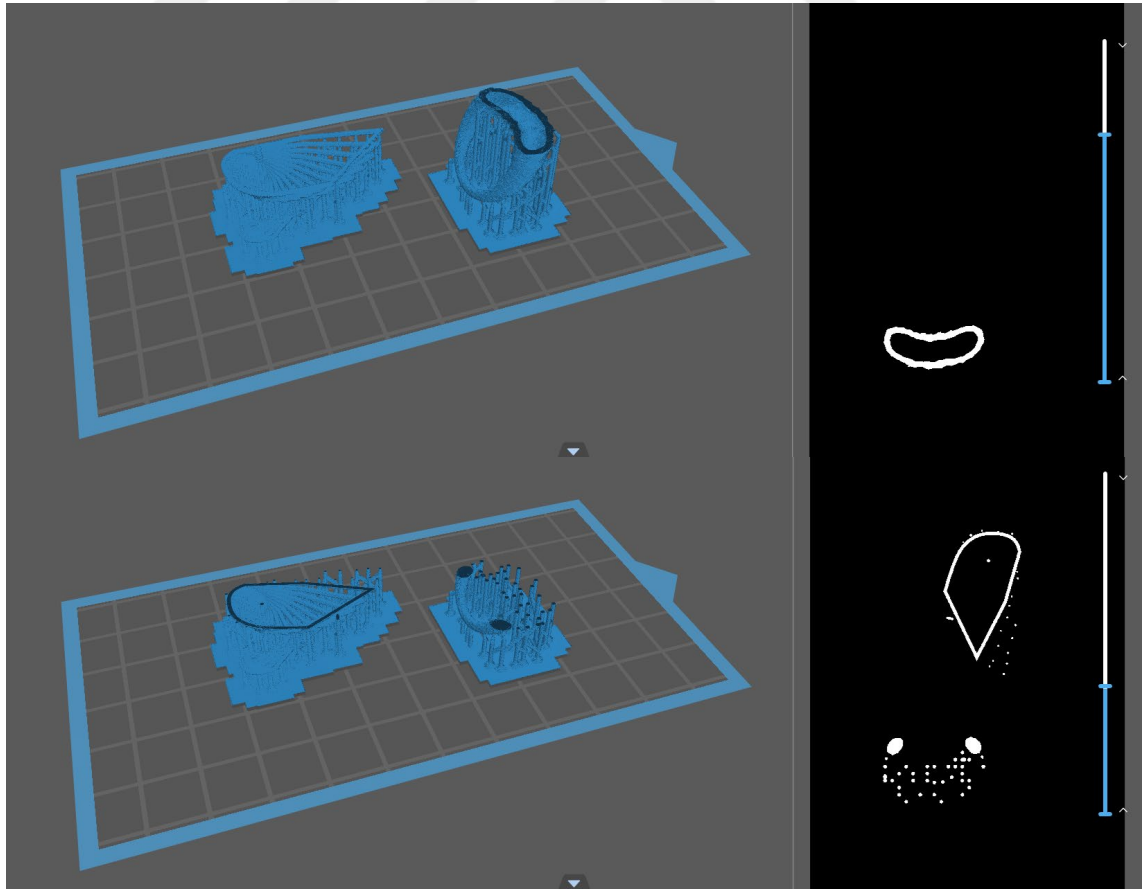
Şekil 111: Deniz koleksiyonu modelleme süreci görüntüleri



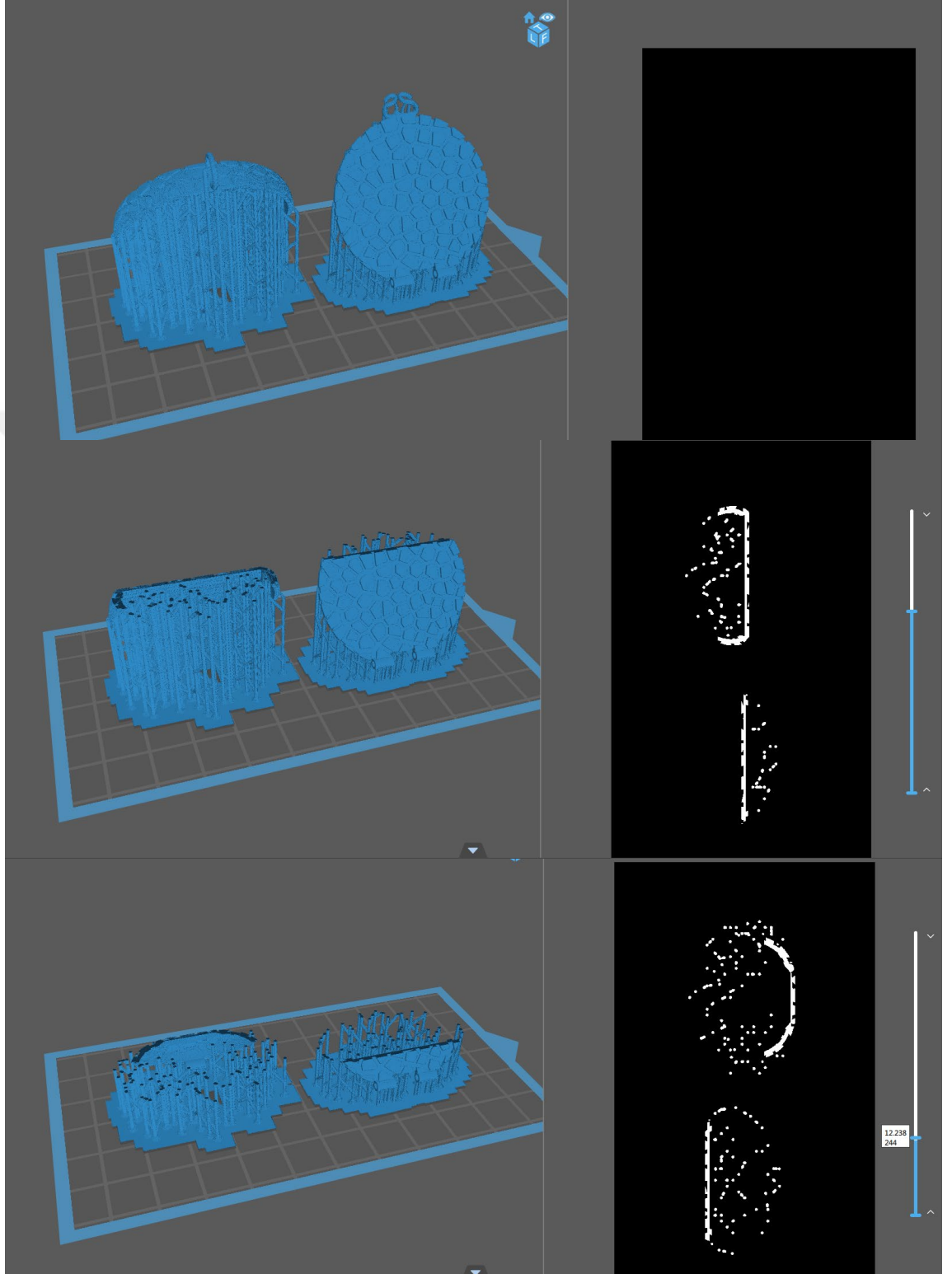
Şekil 112: Deniz koleksiyonu modelleme süreci görüntüleri

3.3 Tez Kapsamında Hazırlanan Koleksiyonların Üretimi

Tez projesinde yer alan bütün tasarımlar üretime uygun olarak modellenmiştir, ve tasarım aşamasında ürünlerin MJ tipi bir yazıcı ile döküm amaçlı malzemeden üretilmesi düşünülmüştür. Ancak ürünlerin üretimi mevcut imkanlarla sadece SLA 3b baskı ile gerçekleştirilebilmiştir. Bu durum gereksiz ekonomik yük olacağı için her koleksiyondan seçilmiş birer ürünün 3b çıktısının alınması yeterli görülmüştür. 3b baskı kullanılarak modellerin çıktılarının alınması için, 3d Kafası isimli üç boyutlu baskı ve modelleme şirketinin hizmetlerinden yararlanılmıştır. Toprak koleksiyonundan bir adet pandantif, tekstil koleksiyonundan bir adet yüzük ve deniz koleksiyonundan bir tek küpe stl. formatına çevrilerek baskı şirketine iletilmiştir. Bu modeller Anycubic Photon marka SLA 3b yazıcının kendi baskı hazırlama yazılımı kullanılarak baskıya hazır hale getirilmiştir ve çıktıları alınmıştır.



Şekil 113: SLA 3b baskı aşamasında slicer ekran görüntüleri



Şekil 114: SLA 3b baskı aşamasında slicer ekran görüntüleri

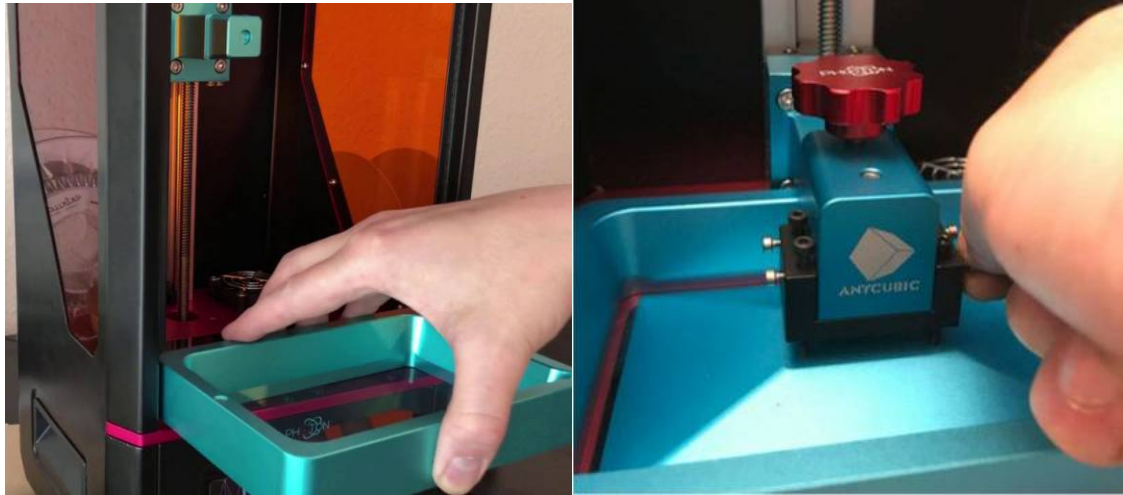
Tez projesinin üretim süreci Covid 19 salgını dönemine denk gelmiştir. Salgın tedbirleri ve sokağa çıkma yasakları nedeni ile baskı şirketinin içerisinde dolanıp, yaklaşık 18-20 saatlik bir sürecin fotoğraflanması söz konusu değildir. Normal şartlarda bile bu işlemi yapmak çok hoş karşılanmayacağı ve zaten SLA baskının ışığa duyarlı özelliklerinden dolayı 3b baskı sürecinin düzgün fotoğraflanması zor olduğu için, bu noktada farklı bir yöntem izlenmiştir. İnternet aracılığıyla, Anycubic Photon yazıcı kullanılarak 3b baskı sürecini yansıtan görseller toplanmış, bu görseller tez projesi üretim sürecini göstermek amacıyla temsili resim olarak kullanılmıştır.



Şekil 115: Anycubic Photon SLA 3b yazıcı temsili resmi
(<https://www.anycubic.com/products/anycubic-photon-3d-printer>)



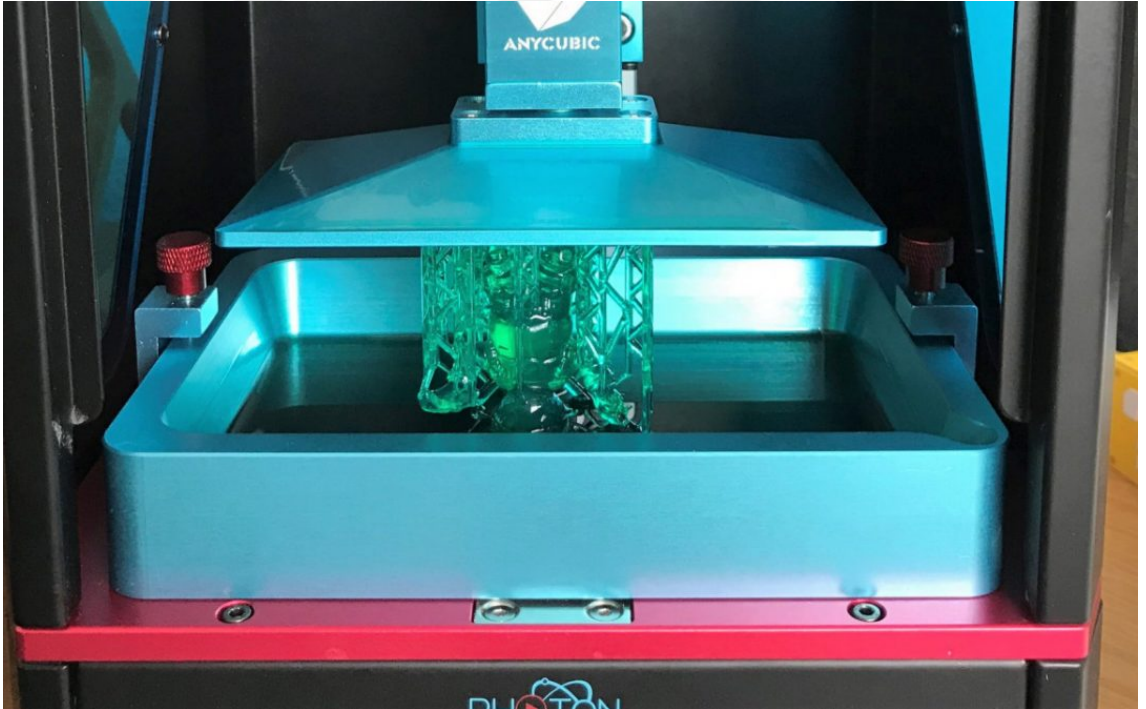
Şekil 116: Anycubic Photon SLA 3b yazıcının baskıya hazırlanma süreci temsili resmi
(http://www.hd-systems.com.ua/components/com_virtuemart/shop_image/product/SKU1489_12.jpg)



Şekil 117: Anycubic Photon SLA 3b yazıcının baskıya hazırlanma süreci temsili resmi
(<https://www.fepshop.com/wp-content/uploads/2018/06/easy-z0-anycubic-photon-2-1.jpg>)



Şekil 118: Anycubic Photon SLA 3b yazıcı fotopolimerizasyon işlemi temsili resmi
(<https://i.ytimg.com/vi/qysjgu0p3Sk/maxresdefault.jpg>)



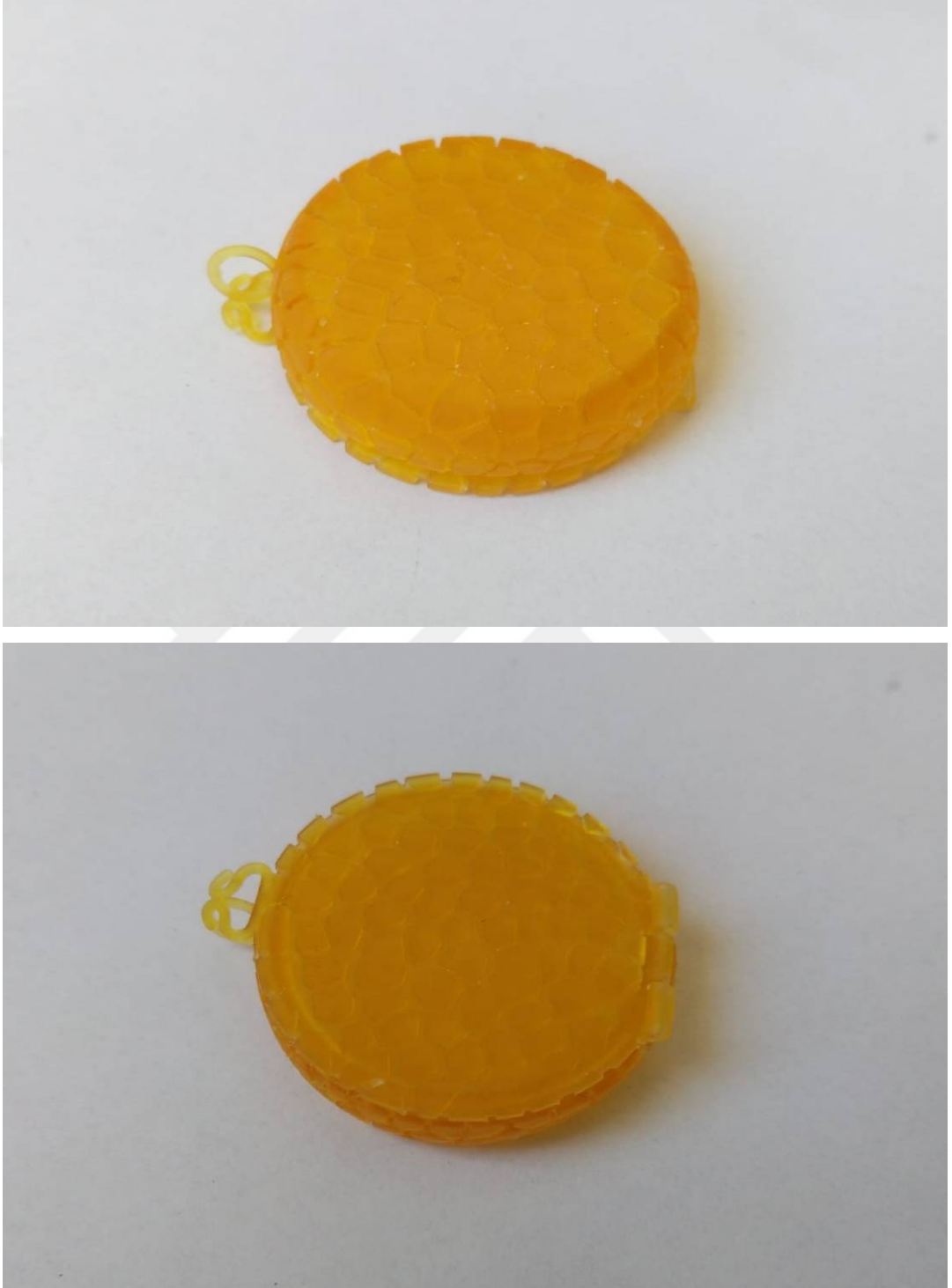
Şekil 119: Anycubic Photon SLA 3b yazıcı 3b baskı süreci temsili resmi
(<https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/08/dlp-1080x675.jpg>)

3b baskıda malzeme olarak, geleneksel kayıp mum döküm tekniğinde kullanılmaya uygun, yanarken kalıntı bırakmayan özel bir fotopolimer reçine kullanılmıştır. SLA baskı tamamlandıktan sonra, çıktılar baskı tablasından ayrılarak son bitirme işlemlerinden geçirilmiştir. Ürünler ilk olarak fotopolimer reçinenin tamamen kürlenmesi için bir müddet UV ışığında bekletilmiştir. UV ışınlarıyla kürleme işlemi 3d Kafası baskı şirketinin kendi ürünü olan bir cihaz tarafından yapılmıştır. Son olarak modellerin üstünde bulunan destek sütunları ve bağlantıları kesilerek temizlenmiştir. Bu işlemler 3b baskı hizmetini veren şirket tarafından karanlık odada yapıldığı için sürece dair görseller mevcut değildir.

Baskı işlemi sonrasında içi boş olması gereken yüzük modelinin, içi dolu olarak üretildiği gözlemlenmiştir. Bu durumun model üzerinde döküm kalıbı hazırlanırken modelin içine alçı dolmasını sağlamak için açılmış olan deliklerin yetersiz olması nedeni ile gerçekleştiği düşünülmektedir. Söz konusu kanalların yetersiz sayıda ve büyüklükte olması ve fotopolimer sıvının yüzey tansiyonu ile bu deliklerin SLA baskı sırasında kapanmış olması muhtemeldir.



Şekil 120: Rüzgar koleksiyonu yüzük SLA 3b çıktısı



Şekil 121: Toprak koleksiyonu pendentif SLA 3b çıktısı



Şekil 122: Deniz koleksiyonu küpe SLA 3b çıktısı



Şekil 123: Fotopolimer çıktıların kürleme işleminde kullanılmış UV cihazı
(<https://www.facebook.com/3dkafasi> [2 Haziran 2020])



Şekil 124: Anycubic Photon 3b yazıcı kullanılarak SLA baskı ile üretilmiş, fotopolimer döküm reçinesi çıktıların tümü

(<https://www.facebook.com/3dkafasi> [2 Haziran 2020])

Kayıp mum tekniği ile modellerin üretilmesi, Tek döküm isimli döküm hane tarafından yapılmıştır. Döküm malzemesi olarak bakır, nikel, pirinç ve gümüşe göre daha verimli bir döküm malzemesi olduğu için bronz tercih edilmiştir. Döküm işlemi sonucunda alınan ürünlerde bir takım sorunlar gözlemlenmiştir. Modellerin az hacme sahip yerlerinde ufak tefek yüzey problemleri haricinde bir sorun yok iken, reçine miktarının bol olduğu alanlarda kalıntı nedeni ile oluşan boşluklar ve çatlaklar vardır.

Bu durum kullanılan fotopolimer döküm reçinesinin, geleneksel kayıp mum tekniğinde kullanılan petrol mumlarına göre daha çok kalıntı bıraktığını ve bu reçinelerin yanma, erime ve buharlaşma özelliklerinin iddia edilen kadar iyi olmadığını göstermektedir. Özellikle yüzük modeline bakıldığında bu durum daha iyi gözlemlenebilmektedir. Bu modelin dökümü başarısız olmuş, not edilebilecek herhangi hasarlı bir yapı bile elde edilememiştir. Modelin olması gerekenden çok daha fazla reçine içermesinin ve fotopolimer reçinenin fırınlama sırasında oluşturduğu cürufun, malzeme kanalını tıkayarak metal akışını engellemesinin bu duruma neden olduğu düşünülmektedir.

Dökümden alınan ürünler önce döküm kanallarından ayrılmış daha sonra da tesviye işlemleri yapılmıştır. Tesviye işlemi ürünlere zarar vermemek için kuyumcu eğeleri ve ince kumlu zımpara kağıdı ile yapılmıştır. Bu işlem sonrasında kolye bakır tel ile perçinlenerek bir araya getirilmiş ve kolye kayışı takılmıştır. Kolye kayışında malzeme olarak yuvarlak deri ip ve standart bronz kolye aparatları kullanılmıştır.



Şekil125: Dökümden alınmış ürünler



Şekil 126: Perçin ve kolye kayışı aparatlarının takılması



Şekil 127: Üretimi tamamlanmış ürünler

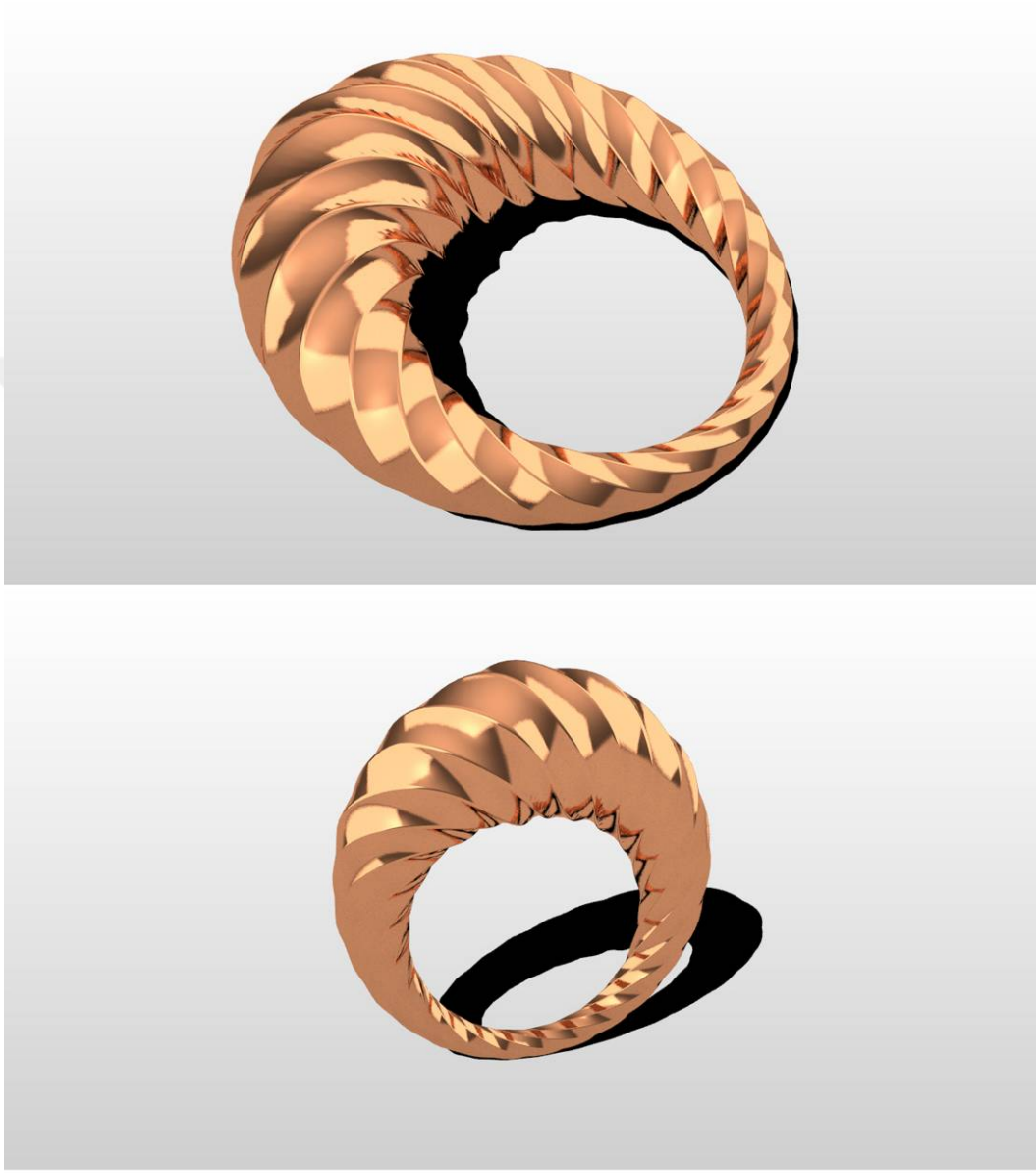
3.4 Tez Kapsamında Hazırlanan Koleksiyonların Sunumu

Bu bölüm tez kapsamında oluşturulan koleksiyon tasarımlarının paftalar halinde sunumunu içermektedir. Sunum paftaları her ürün için birer artistik çizim paftası ve teknik çizim paftası olarak hazırlanmıştır. A3 boyutunda hazırlanan bu sunum paftaları tasarımlarla ilgili detayları alt bilgi olarak içerecek şekilde düzenlenmiştir.

Artistik çizim paftaları hazırlanırken ürün görsellerini oluşturmak için Rhino 6 deneme sürümü ile uyumlu ek render programları aranmış, bir arada düzgün çalışan render programları bulunamadığı için Rhino 6 programının kendi render sistemi kullanılmıştır. Elde edilen dijital resimler Photoshop programında düzenlenerek a3 boyutunda sunum paftası haline getirilmiştir.

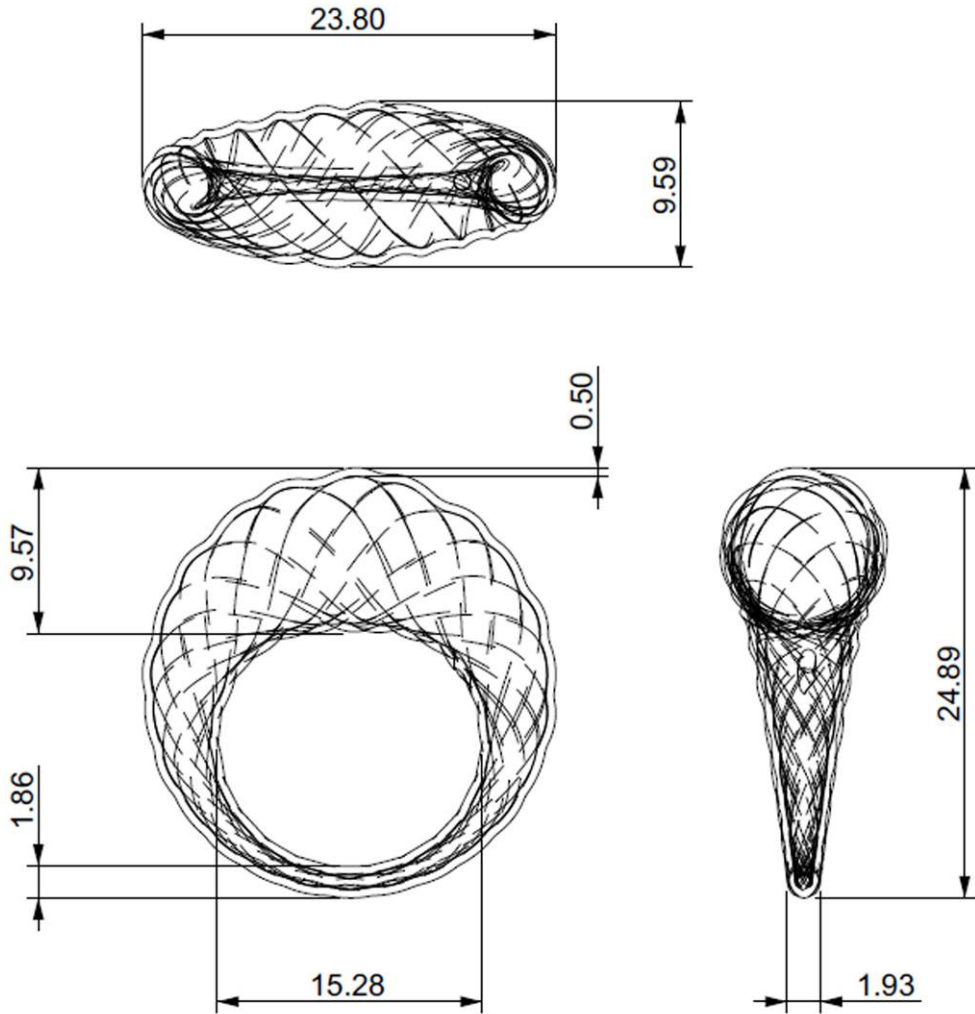
Teknik çizim paftalarının hazırlanmasında yine Rhino 6 programının kendi özelliklerinden yararlanılmıştır. 3b modellerin 2b teknik çizimleri bu programın teknik çizim araçları kullanılarak çıkartılmış, ürün boyutları ölçü alma araçları ile mm. olarak ölçülmüş ve bu çizimlerin ekran görüntüsü alınarak Photoshop programında düzenlenmiştir. İlk başta a3 olarak hazırlanan paftalar, a4 kağıt üzerinde ürünlerin gerçek ölçeklerle kullanılmış boyutlarını yansıtabilecek şekilde yeniden düzenlenmiş, bu iş için standart dışı bazı yöntemler kullanılmıştır. Teknik çizimlerin hem fiziksel boyutları ile kullanılan ölçeği birebir yansıtması hem de a4 düzlemde verilen alana sığabilmesi için birden çok ölçek kullanılmıştır. Bu yüzden teknik çizimlerin pafta üzerindeki yerleşimi her paftada farklılık gösterebilmektedir.

3.4.1 Tasarım 1



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Rüzgar
Ürün Türü: Yüzük
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 128: Rüzgar koleksiyonu yüzük artistik çizim sunum paftası



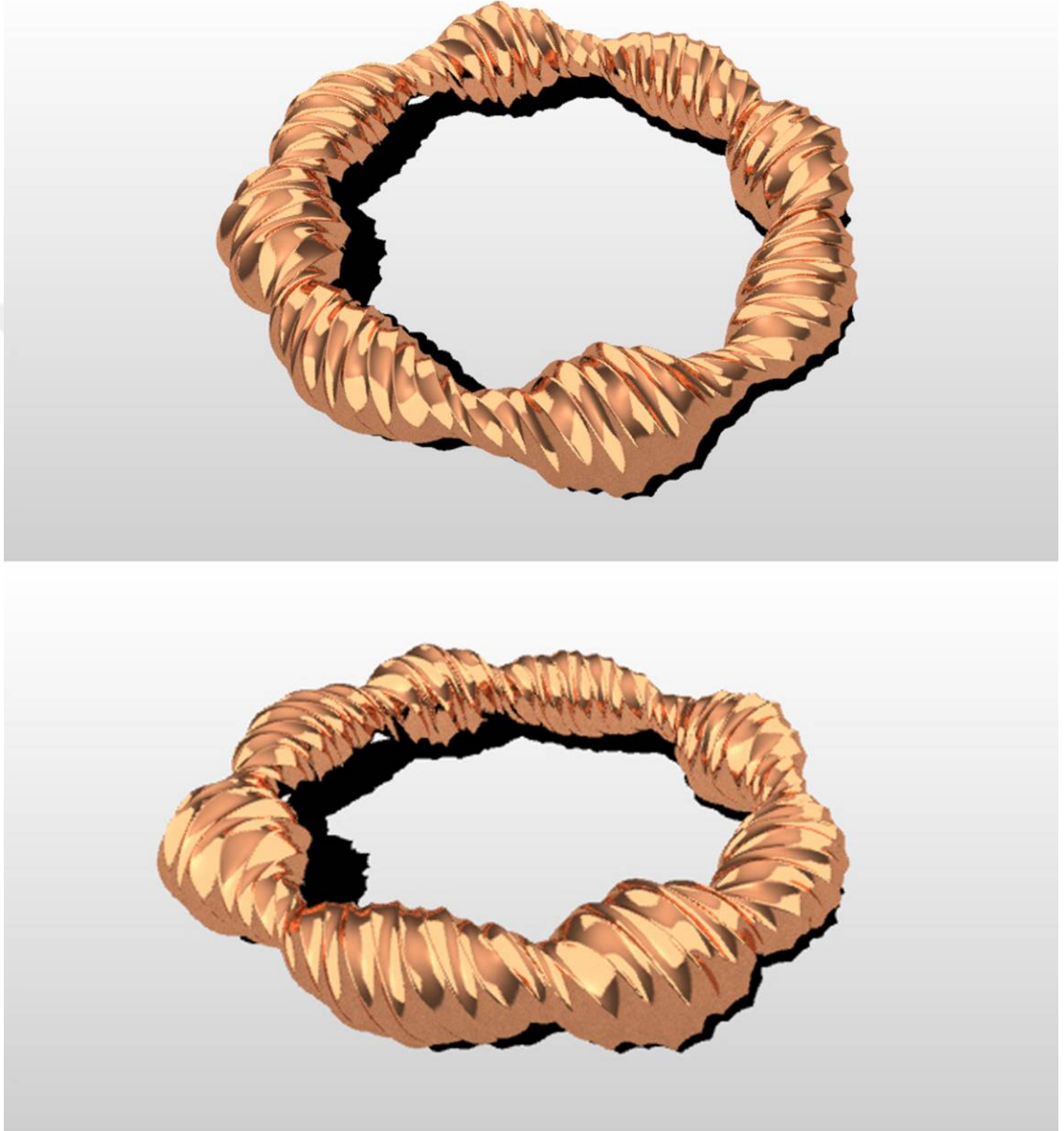
- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı
Ürün Teması: Rüzgar
Ürün Türü: Yüzük
Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm
Ek İşlemler: Zımpara, cila
Malzemeler: 8 ayar kırmızı altın
Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:
 - 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.
 - Döküm sonrası objenin içinin boşaltılması için ultrasonik yıkama ve benzeri temizleme işlemleri gerekmektedir.

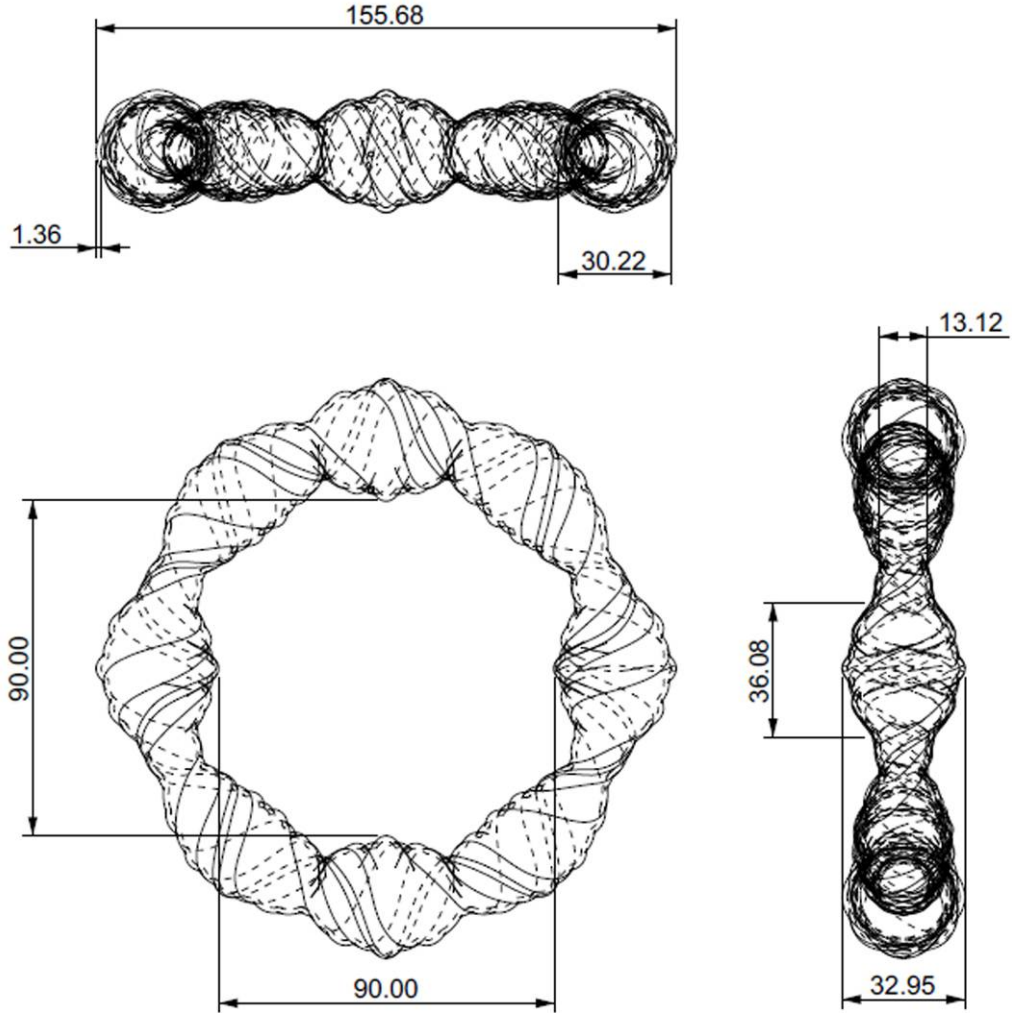
Şekil 129: Rüzgar koleksiyonu yüzük teknik çizim (Ölçek 2/1)

3.4.2 Tasarım 2



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Rüzgar
Ürün Türü: Bileklik
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 130: Rüzgar koleksiyonu bileklik artistik çizim sunum paftası



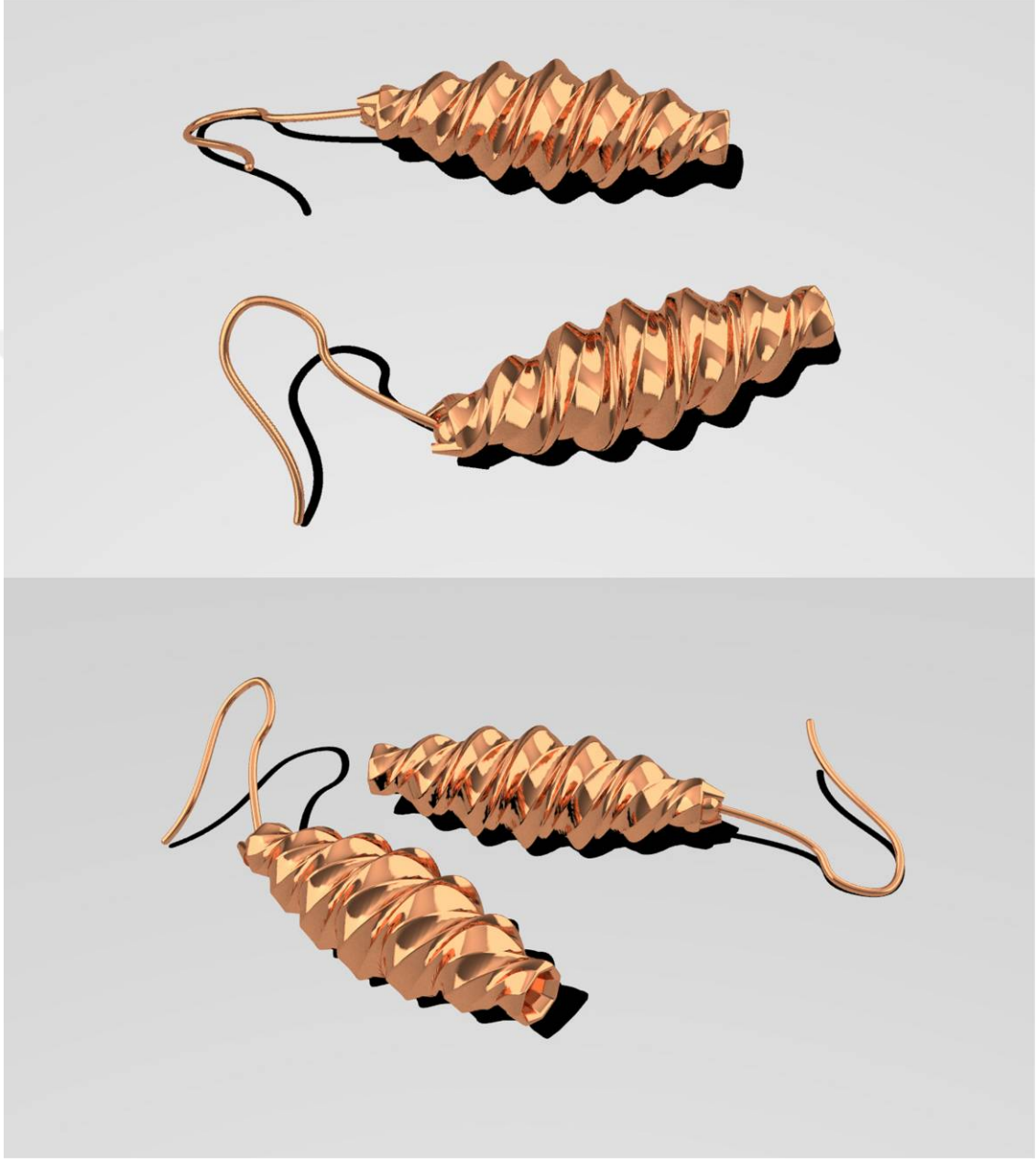
- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı
Ürün Teması: Rüzgar
Ürün Türü: Bileklik
Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm
Ek İşlemler: Zımpara, cila
Malzemeler: 8 ayar kırmızı altın
Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:
 - 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.
 - Döküm sonrası objenin içinin boşaltılması için ultrasonik yıkama ve benzeri temizleme işlemleri gerekmektedir.

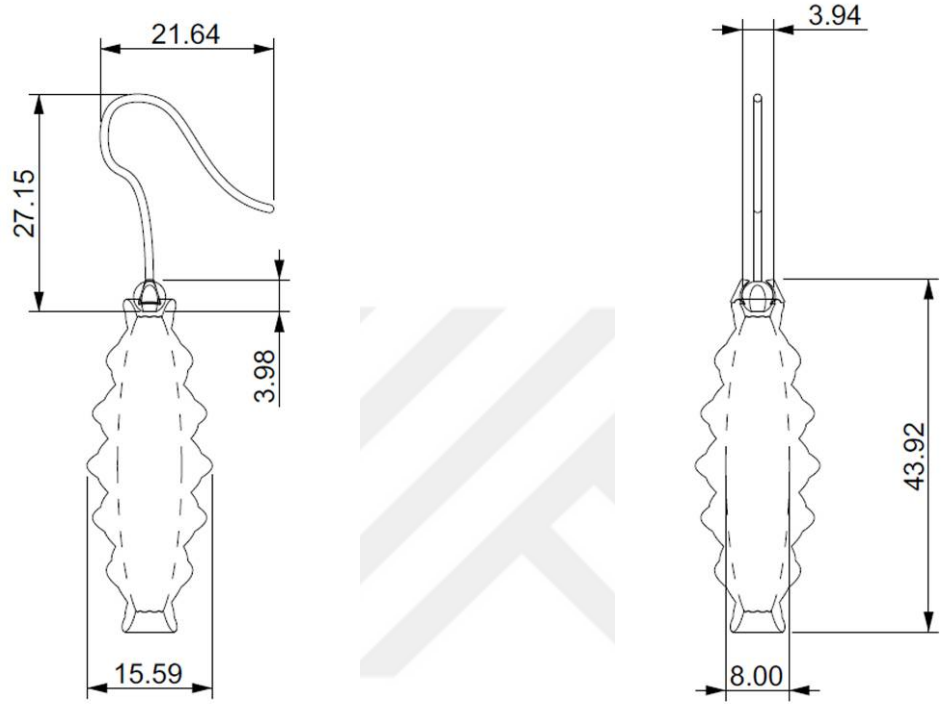
Şekil 131: Rüzgar koleksiyonu bileklik teknik çizim (Ölçek 1/2)

3.4.3 Tasarım 3



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Rüzgar
Ürün Türü: Küpe
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 132: Rüzgar koleksiyonu küpe artistik çizim sunum paftası



- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

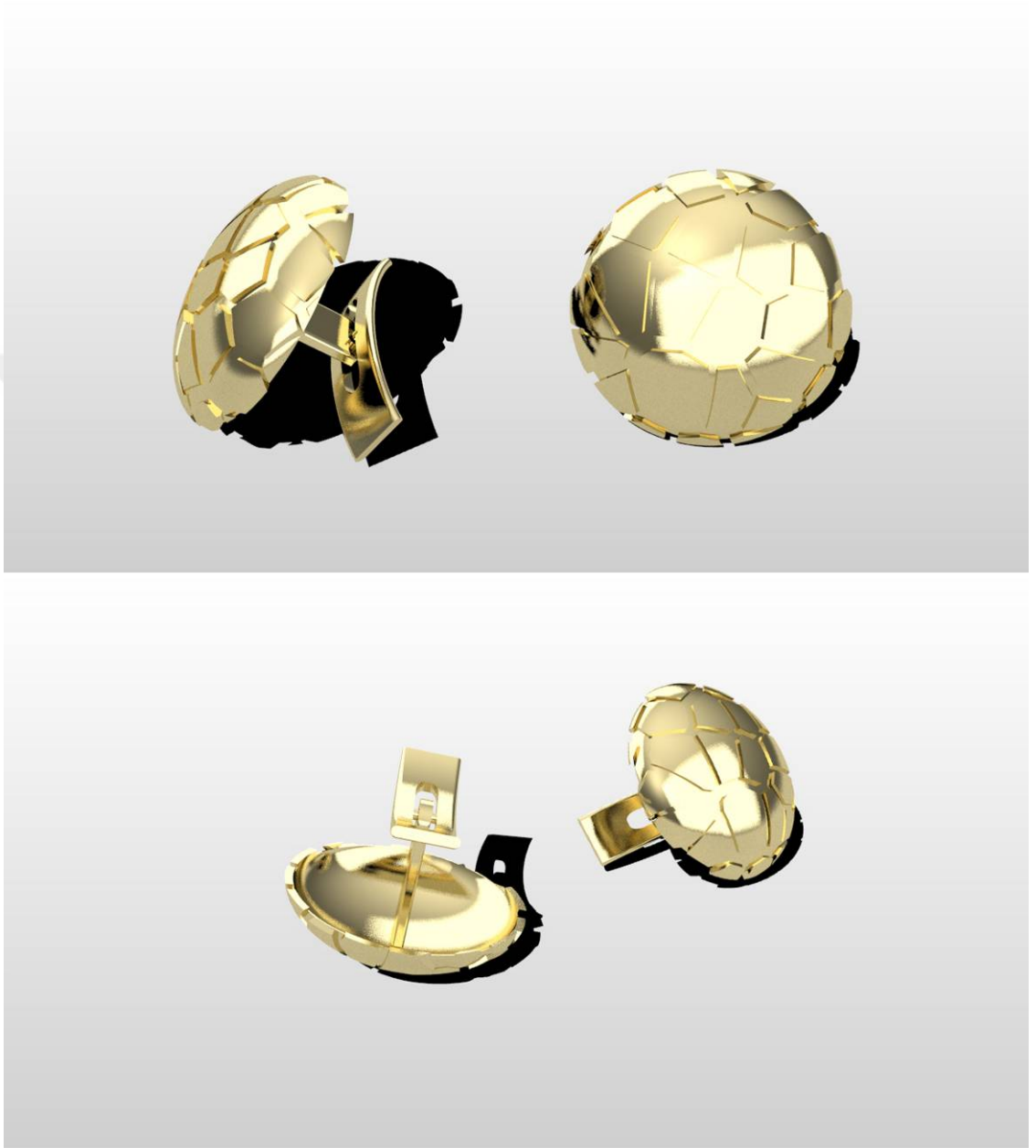
Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı
Ürün Teması: Rüzgar
Ürün Türü: Küpe
Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm
Ek İşlemler: Zımpara, cila
Malzemeler: 8 ayar kırmızı altın
Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:

- 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.
- Döküm sonrası objenin içinin boşaltılması için ultrasonik yıkama ve benzeri temizleme işlemleri gerekmektedir.
- Döküm sırasında sorun yaşanmaması için küpe iğneleri ayrı parçalar halinde döküme verilecek veya geleneksel yöntemler ile üretilcektir.

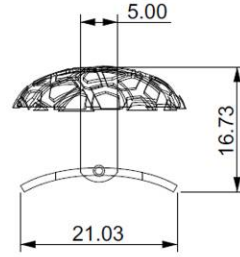
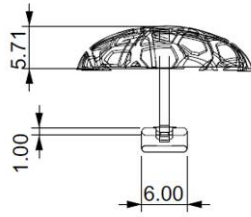
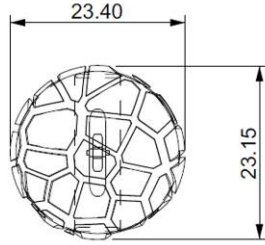
Şekil 133: Rüzgar koleksiyonu küpe teknik çizim (Ölçek 1/1)

3.4.4 Tasarım 4



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Toprak
Ürün Türü: Kol Düğmesi
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 134: Toprak koleksiyonu kol düğmesi artistik çizim sunum paftası



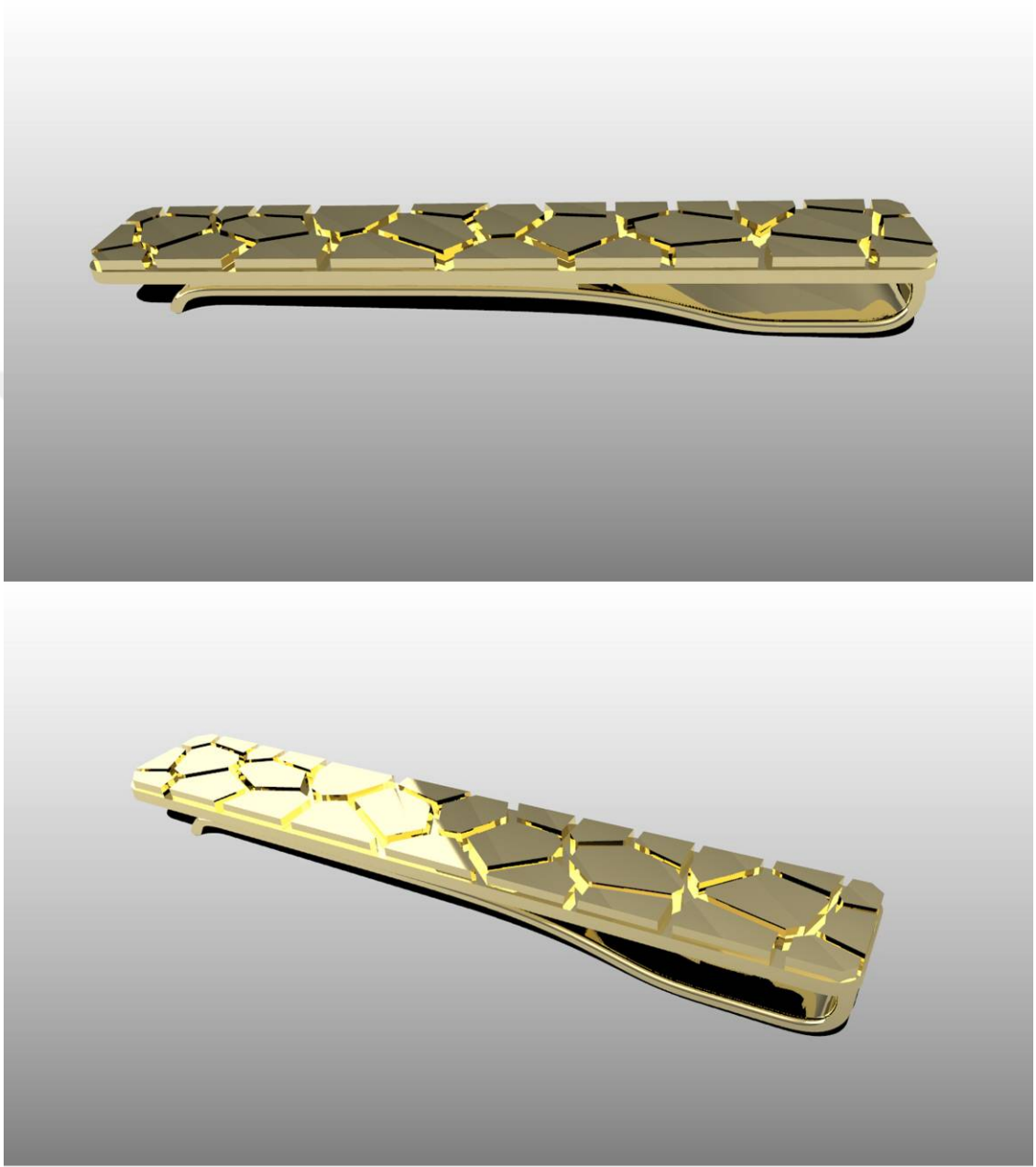
- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı
Ürün Teması: Toprak
Ürün Türü: Kol düğmesi
Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm
Ek İşlemler: Zımpara, cila, perçinleme
Malzemeler: 18 ayar yeşil altın
Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:
 - 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.
 - Dökümün sorunsuz olması için kol düğmesi ve kanat aparatları ayrı parçalar halinde döküme verilecektir.
 - Kol düğmesi ve kanat aparatları uygun ölçüde bir tel ile perçinlenerek bir araya getirilecektir.

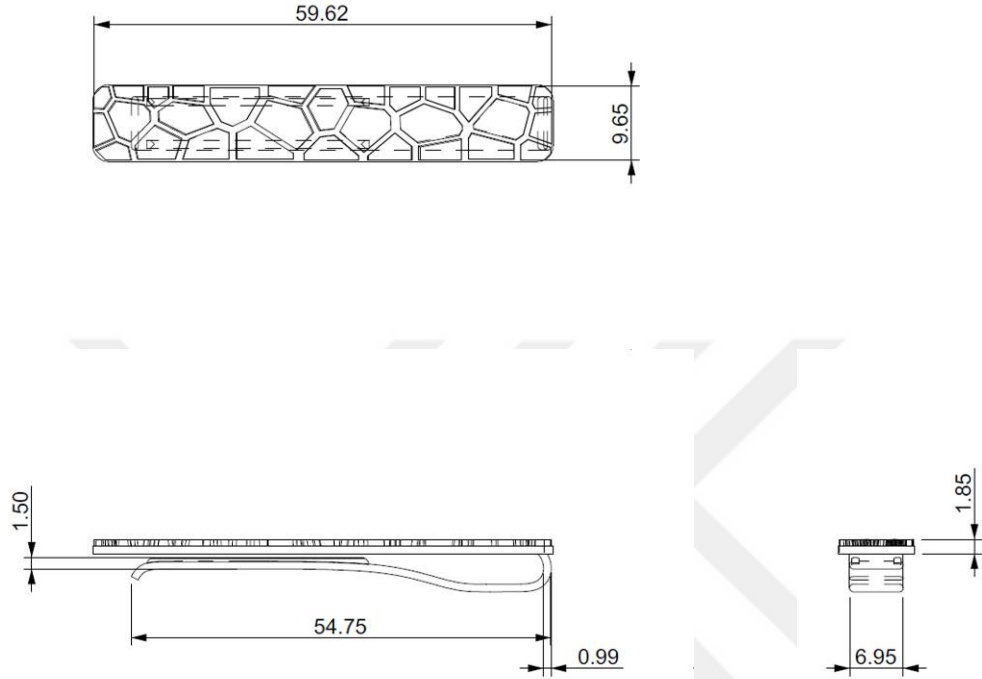
Şekil 135: Toprak koleksiyonu kol düğmesi teknik çizim (Ölçek 1/1)

3.4.5 Tasarım 5



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Toprak
Ürün Türü: Kravat İğnesi
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 136: Toprak koleksiyonu kravat iğnesi artistik çizim sunum paftası



- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı
Ürün Teması: Toprak
Ürün Türü: Kravat iğnesi
Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm
Ek İşlemler: Zımpara, cila
Malzemeler: 18 ayar yeşil altın
Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:
 - 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.

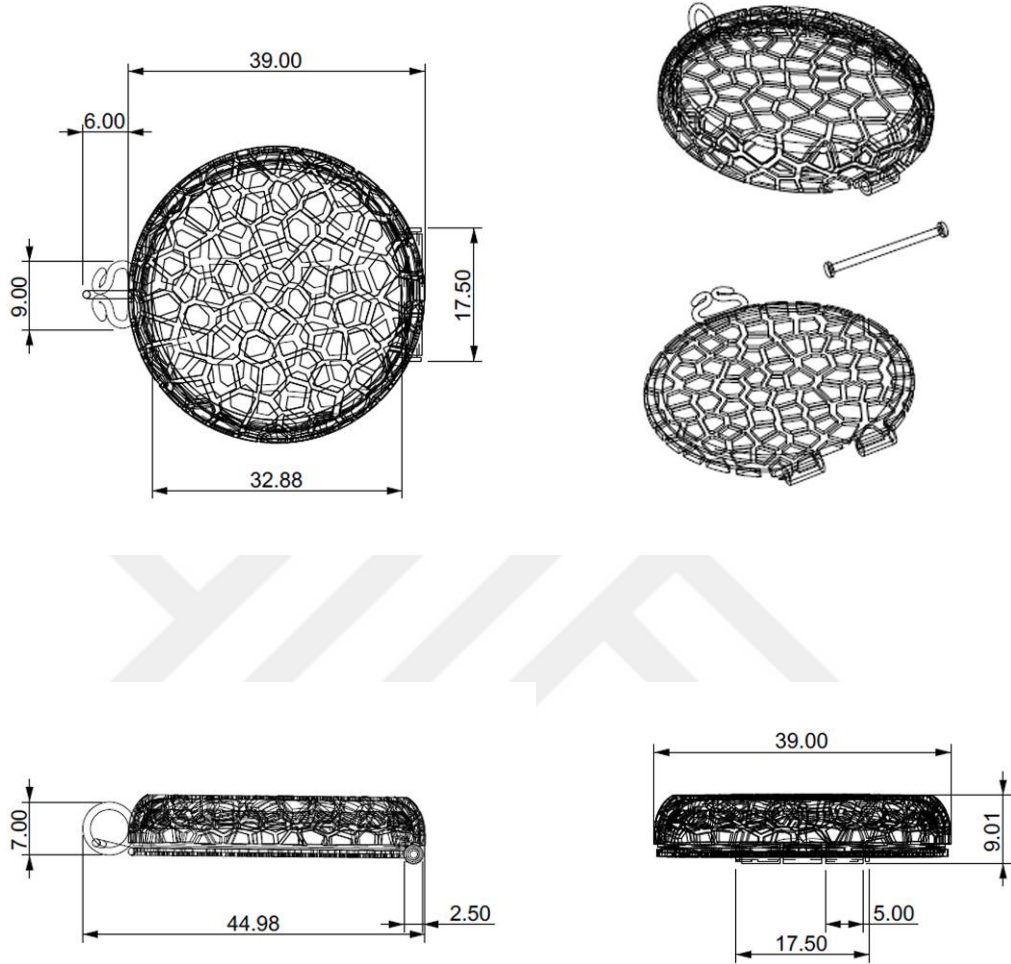
Şekil 137: Toprak koleksiyonu kravat iğnesi teknik çizim (ölçek 1/1)

3.4.6 Tasarım 6



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Toprak
Ürün Türü: Pendentif
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 138: Toprak koleksiyonu pendentif artistik çizim sunum paftası



- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı

Ürün Teması: Toprak

Ürün Türü: Pandantif

Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm

Ek İşlemler: Zımpara, cila, perçinleme

Malzemeler: 18 ayar yeşil altın, siyah rugan kayış

Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:

- 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.

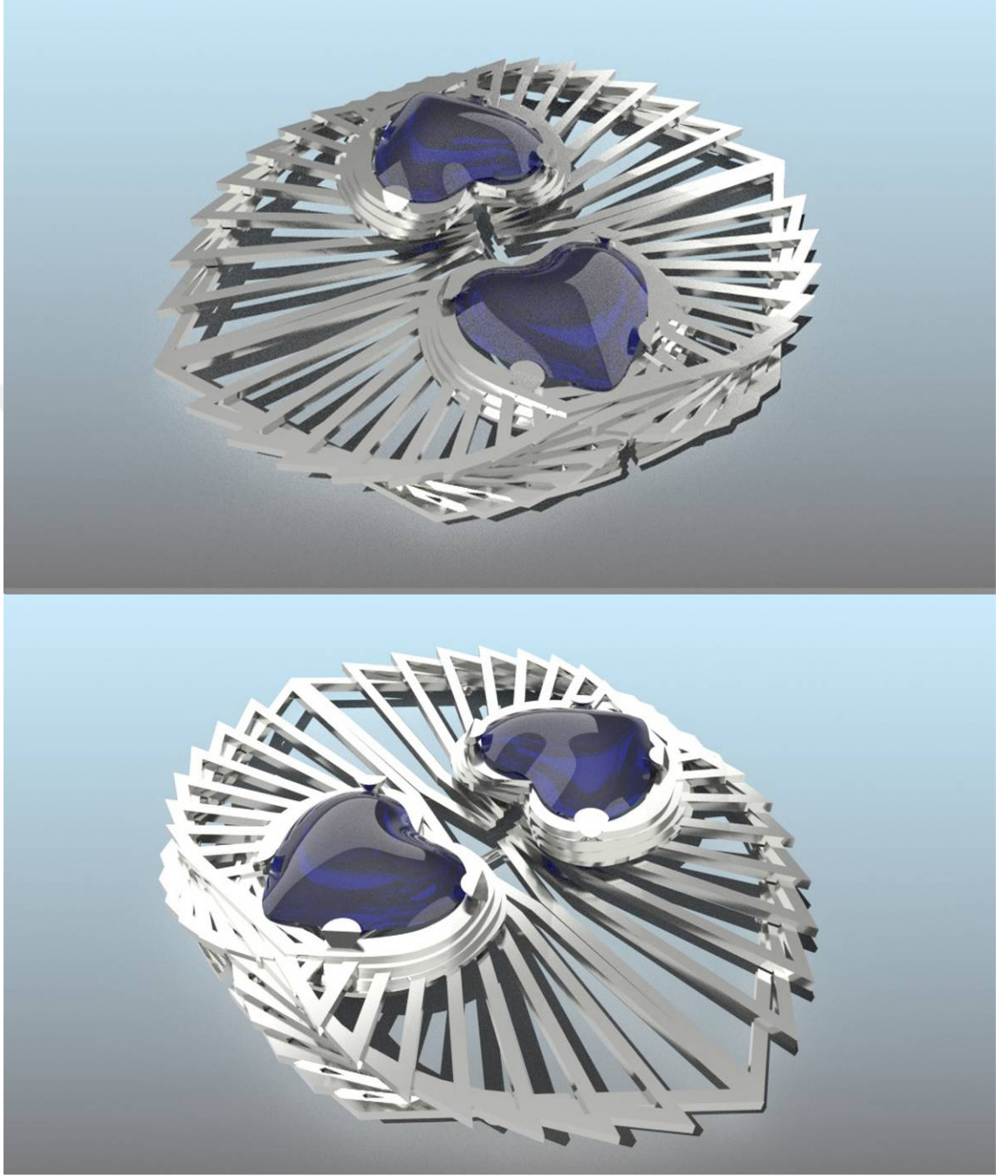
- Dökümün sorunsuz olması için pandantif, iki parça halinde döküme verilecektir.

- Pandantif uygun ölçüde bir tel ile perçinlenerek bir araya getirilecektir.

- Kolye kayışı aparatları olarak 8 ayar standart halka kilit ve aparatlar kullanılacaktır.

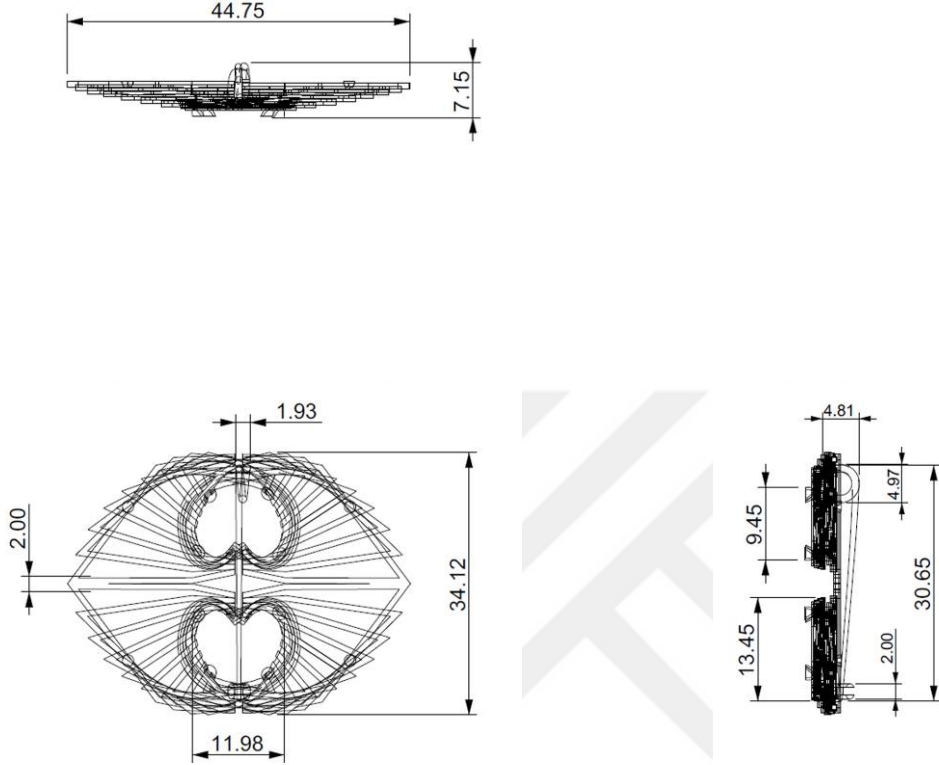
Şekil 139: Toprak koleksiyonu pandantif teknik çizim (Ölçek 1/1)

3.4.7 Tasarım 7



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Deniz
Ürün Türü: Broş
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 140: Deniz koleksiyonu broş artistik çizim sunum paftası



- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı

Ürün Teması: Deniz

Ürün Türü: Broş

Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm

Ek İşlemler: Zımpara, cila, taş yerleştirme

Malzemeler: 18 ayar beyaz altın, kabaşon kalp kesim mavi tanzanit

Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:

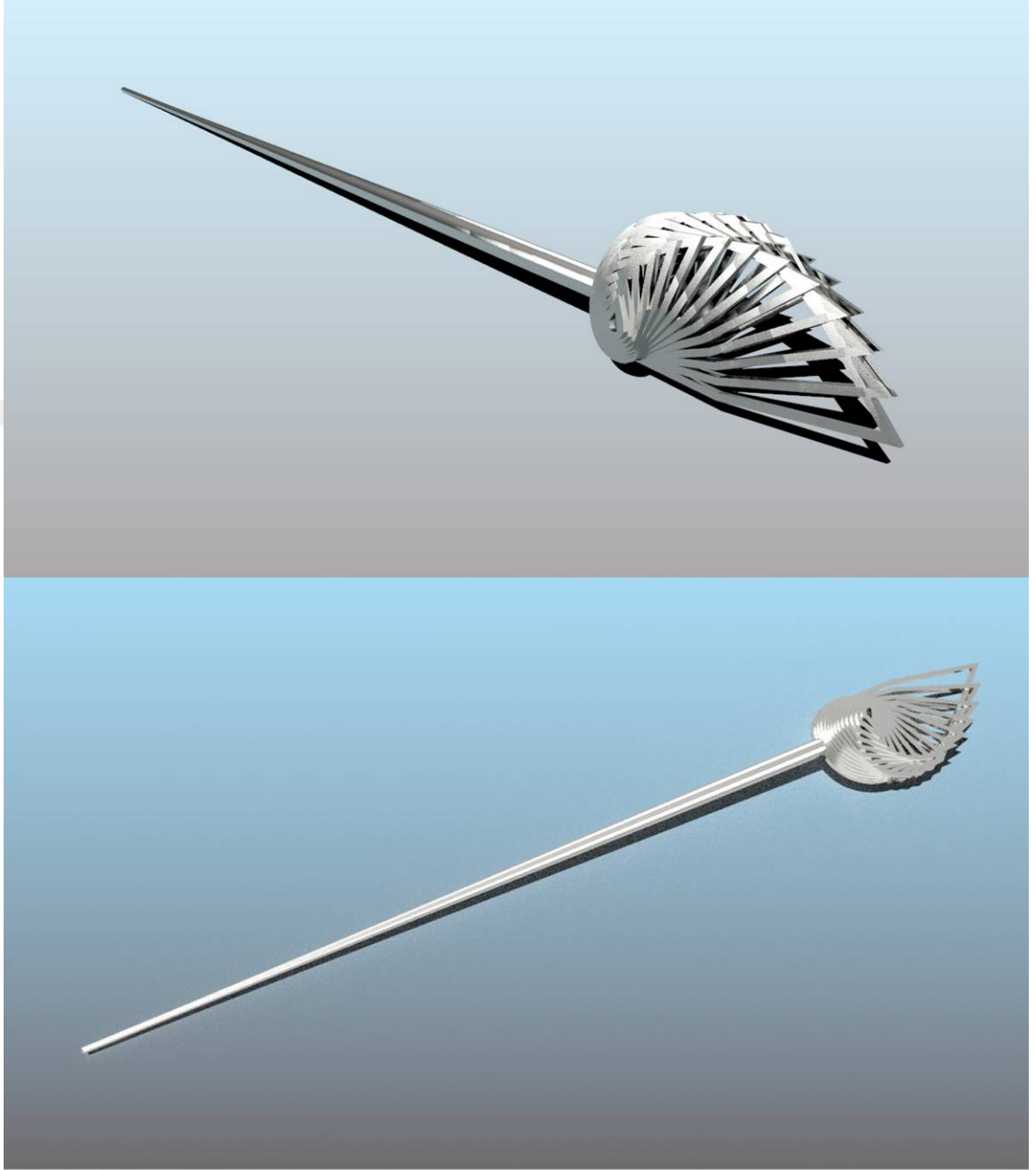
- 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.

- Broş iğnesi ve taş tırnakları model üstünde mevcuttur

- Taş tırnakları ve taş yuvası gerek görüldüğü takdirde taş ölçülerine göre yeniden modellenebilir.

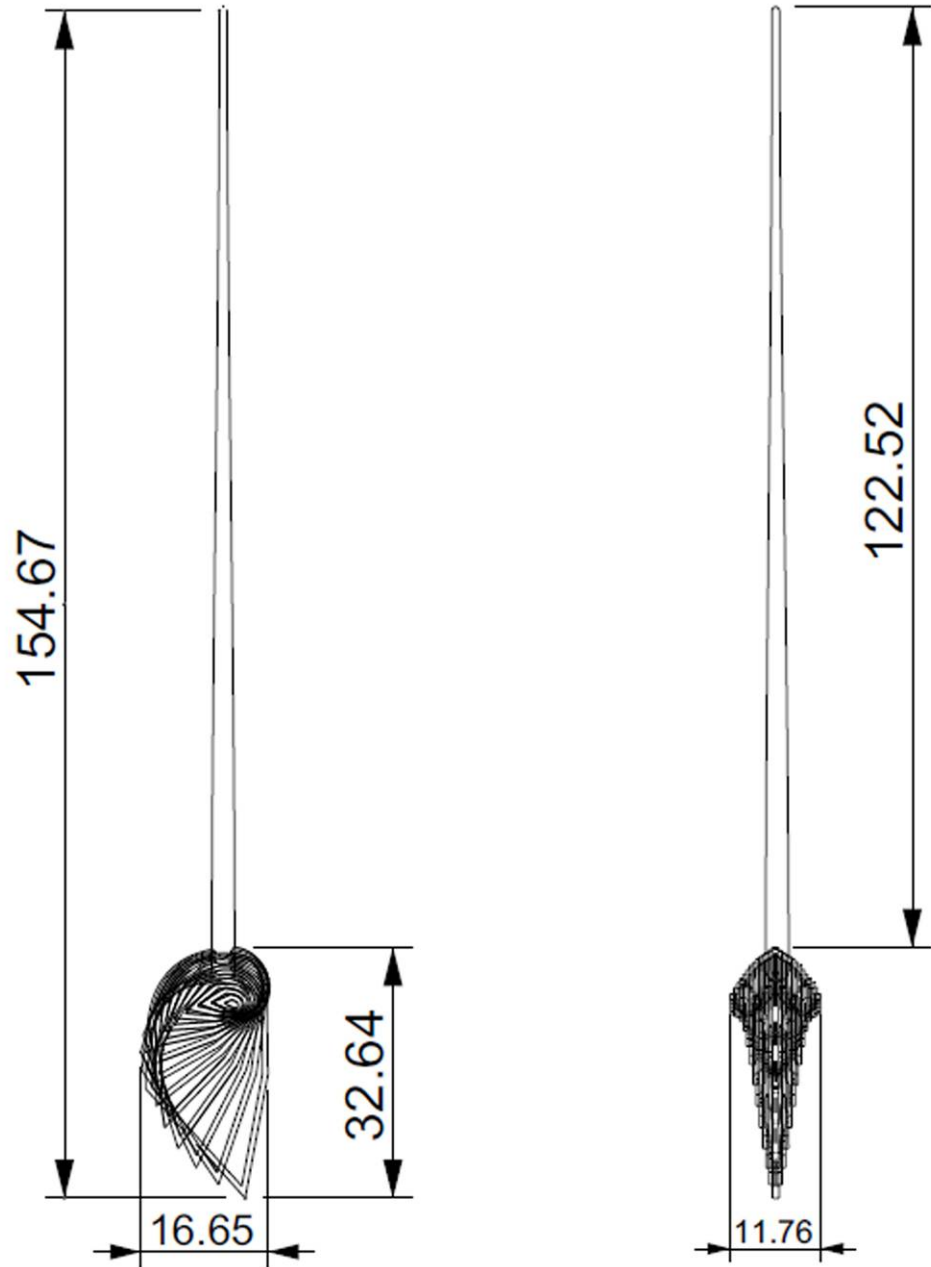
Şekil 141: Deniz koleksiyonu broş teknik çizim (Ölçek 1/1)

3.4.8 Tasarım 8



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Deniz
Ürün Türü: Saç İğnesi
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 142: Deniz koleksiyonu saç iğnesi artistik çizim sunum paftası



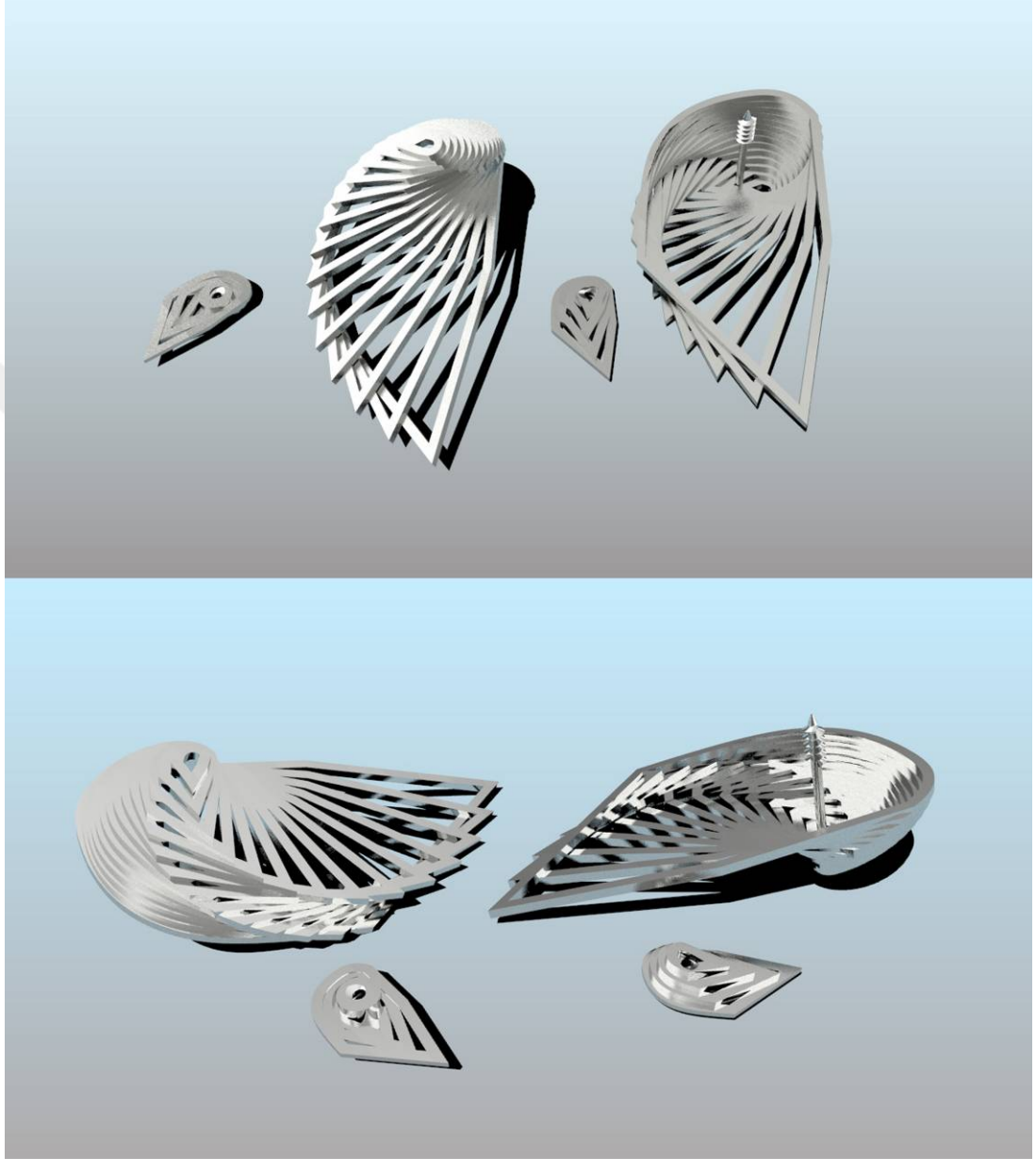
- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı
Ürün Teması: Deniz
Ürün Türü: Saç iğnesi
Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm
Ek İşlemler: Zımpara, cila
Malzemeler: 18 ayar beyaz altın
Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:
 - 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.
 - Gerek görüldüğü takdirde, iğne ısıtma işlemi ile
 sağlanabilir

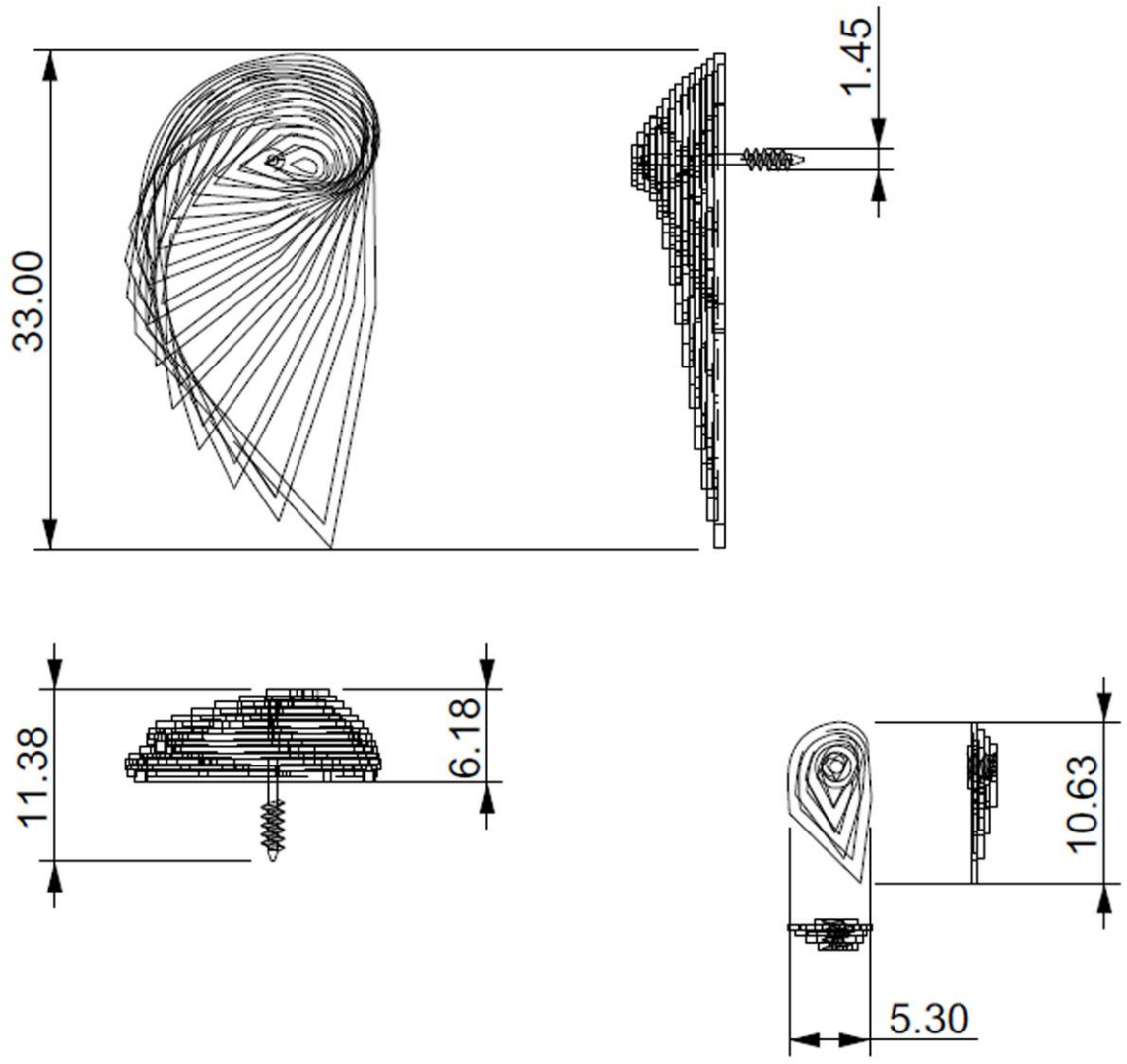
Şekil 143: Deniz koleksiyonu saç iğnesi teknik çizim (Ölçek1/1)

3.4.9 Tasarım 9



Proje Kapsamı: Takı Koleksiyonu Tasarımı
Ürün Teması: Deniz
Ürün Türü: Küpe
Öğrenci Adı: Güneş Mutlu
Öğrenci Numarası: 2015780047

Şekil 144: Deniz koleksiyonu küpe artistik çizim sunum paftası



- Belirtilen rakamlar mm. ölçü birimiyle hesaplanmıştır.

Proje Kapsamı: Takı koleksiyonu tasarımı
Ürün Teması: Deniz
Ürün Türü: Küpe
Üretim Yöntemi: 3b baskı destekli mum kalıp döküm
Ek İşlemler: Zımpara, cila
Malzemeler: 18 ayar beyaz altın
Öğrenci Adı ve Numarası: Güneş Mutlu 2015780047

Ek Açıklamalar:
 - 3b baskı VP veya MJ tipi 3b yazıcılarla yapılacaktır.
 - Zımpara ve cila işlemleri objenin çok ince hatları olduğu için, frezeve cila aletleri kullanılmadan el ile yapılacaktır.

Şekil 145: Deniz koleksiyonu küpe teknik çizim (Ölçek 2/1)

SONUÇ

CAD sinema ve bilgisayar oyunu gibi dijital sanat sektörlerinden, CAM teknolojisinin de gelişmesi ile birlikte, plastik sanatlara da sirayet etmiştir. İlk olarak CNC teknolojisinin ticari hale gelmesi ile birçok endüstriyel tasarım ve zanaat alanında kabul görmeye başlayan CAM teknolojisi, 3b yazıcıların ortaya çıkmasıyla geleneksel sanatların da içine sızmaya başlamıştır. Bilgisayar destekli tasarımın, önceki bilgisayar destekli teknolojilere göre çok daha etkili bir şekilde kullanımına olanak sağlayan 3b yazıcılar, mücevher ve takı alanında standart olarak kullanılan bir araç haline gelmeye başlamıştır.

Çeşitli özelliklere sahip birçok farklı malzeme ile baskı yapabilen 3b yazıcılar vardır. Bu yazıcılar plastik, seramik, kompozit malzemeler ve kağıt gibi birçok malzemeden alternatif takı yapımına elverişlidir. Profesyonel mücevher üretiminde ise kayıp mum tekniğine yönelik VP, MJ yazıcılar ve maliyet bakımından şuan çok tercih edilmemekle beraber, doğrudan metal baskı yapabilen PBF yazıcılar kullanılmaktadır. Bu yazıcılar malzeme olarak kayıp mum tekniğinde kullanılaben benzer özelliklere sahip yapay reçineleri ve toz halindeki değerli metalleri kullanmaktadır. Kuyumculuk alanında çoğunlukla geleneksel üretim ve tasarım tekniklerini hızlandırmak amaçlı kullanılan 3b baskı teknolojisi, 3b dijital tarayıcılar ve doğrudan metal baskı yapabilen PBF yazıcılar sayesinde, geleneksel kuyum yöntemlerinden bağımsız yeni tekniklerin de ortaya çıkmasını sağlamıştır.

3b yazıcılar ve dijital tasarım 3b sanat alanında geleneksel yöntemlerin öğrenilmesini zorunluluktan ziyade bir tercih haline getirerek, dijital modelleme yapabilen çeşitli alanlara mensup insanların sanat alanlarına da yönelmesine yol açmaktadır. Mühendislik, yazılım ve 3b animasyon gibi dijital tasarımla doğrudan ilgili bölümlerde eğitim almış insanlar, alternatif bir uğraş olarak takı ve mücevher tasarımına yönelmektedir. Farklı branşların bu alana yönelmesine imkan sağlayan dijital teknoloji, geleneksel sanatlara dahil olan takı ve mücevher kavramını dijital sanatların da bir parçası haline getirmeye başlamıştır.

Dijital tasarımı en verimli şekilde kullanmak isteyen tasarımcılar, 3b tarayıcılar, mücevher tasarımına yönelik ek programlar ve parametrik modelleme

yöntemlerini de sanat ve tasarım alanında kullanmaktadır. Bu tip hızlandırılmış dijital tasarım yöntemleri geleneksel tasarım ve güzel sanatlarda daha önce görülmemiş kavramsal ve biçimsel değişikliklere yol açmaktadır. Özellikle görsel tasarımın algoritmalar tarafından oluşturulması, hem tasarım sürecinin çoğunlukla yazılım tarafından yapılması hem de ortaya çıkan görsellerin ne doğal bir form ne de insan tarafından yaratılmış bir form olmaması bakımından, tasarım alanında yeni bir kavram oluşturmaktadır.

Tasarım alanında sağladığı yenilikler ve üretim sürecini kolaylaştırması nedeni ile dijital tasarım ve 3b yazıcılar, seri üretim takı ve mücevher alanında yaygın olarak kullanılan bir teknoloji haline gelmiştir. Mevcut mücevher alanına yönelik 3b baskı teknolojileri az miktarda üretim amaçlı kullanıldığında veya bireysel olarak edinildiğinde oldukça maliyetli bir teknoloji olduğu için, çoğunlukla bu hizmetleri sağlayan 3b baskı şirketlerinden faydalanılmaktadır. Özellikle en yeni 3b yazıcı teknolojilerinden biri olan doğrudan metal baskı yazıcılar kullanılmak istendiğinde, çoğunlukla bu tip şirketler devreye girmektedir. 3b yazıcı teknolojisinin yaygınlaşması ile mücevher alanına uygun nitelikteki yazıcıların bireysel olarak edinilmesinin daha uygun hale gelmesi beklenmektedir.

Bu teknolojinin ekonomik olarak daha erişilebilir ve yaygın hale gelmesiyle, çoğu tasarımcının yıllarını harcayarak geleneksel kuyum yöntemlerinde ustalaşmak yerine dijital tasarım yöntemlerini tercih etmesi muhtemel görünmektedir. Bunun temel nedeni, dijital kuyum tekniklerinin öğrenilmesinin geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha erişilebilir ve daha az zaman alıcı olmasıdır. 3b yazıcıların bu bakımdan kuyum sanatının üretimi yanı sıra öğrenimini de kolaylaştırarak, daha bireysel hale getirmesi öngörülmektedir.

Kaynakça

Kitaplar

André Jean-Claude, (2017), From Additive Manufacturing to 3D/4D Printing 1, İngiltere ve Amerika: ISTE Ltd ve John Wiley & Sons, Inc.

Barnatt Christopher (2016), 3d Printing Third Edition, CreateSpace Independent Publishing Platform

Baughman Brian, Godfrey Donald, Hsu Keng, Medina Francisco, Menon Mamballykalathil, Yang Li, Wiener Soeren (2017) Additive Manufacturing of Metals: The Technology, Materials, Design and Production, İsviçre: Springer international publishing AG

Garre Brian, Redwood Ben, Schöffner Filemon (2017), The 3d Printing Handbook, Hollanda: 3d Hubs B.V.

Gebhardt Andreas, Heotter Jan-Steffen (2016), Additive Manufacturing. 3d Printing for Prototyping and Manufacturing, Hanser Gardner Publications

Gibson Ian, Rosen David, Stucker Brent (2015), Additive Manufacturing Technologies 3d Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing, İngiltere: Springer

Hoskins Stephen (2018), 3d Printing for Artists, Designers and Makers, Bloomsbury Visual Arts

Jordan M. John (2019), 3d Printing, Londra/İngiltere: The MIT Press

Kocovic Petar (2017), 3d printing and its impact on the production of fully functional components emerging research and opportunities, IGI global

Micallef Joe, (2015), Beginning Design for 3D Printing, New York: Springer Science+Business Media

Peddie Jon (2013), The History of Visual Magic in Computers, Londra: Springer

Salinas Richard, (2014), 3D Printing with RepRap Cookbook, Birmingham - Mumbai: Packt Publishing

Makaleler

Körner C., (2016), Additive manufacturing of metallic components by selective electron beam melting — a review, University Erlangen-Nürnberg: Informa UK Limited

Weisberg E. David (2008) A Brief Overview of the History of CAD

İnternet

<https://www.google.com.tr/search?q=hideo+kodama> [26 Ekim 2019]

Wohlers Terry, (2005, Rapid Prototyping, Tooling & Manufacturing State of the Industry, WOHLERS ASSOCIATES, INC. <http://www.wohlersassociates.com/history.pdf> [29 Ekim 2019]

<https://themicro3d.com/wp-content/uploads/2019/04/Guide-to-Stereolithography-SLA-in-3D-Printing.jpg> [7 Kasım 2019]

<https://www.sculpteo.com/blog/2018/01/24/3d-printed-fashion-why-is-additive-manufacturing-interesting-for-fashion/> [7 Kasım 2019]

<https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1CqzXXffsK1RjSszg q6yXzpXaM/Wholesale-anet-1-75MM-3d-printer-filament.jpg> [9 Kasım 2019]

<https://www.sharebot.it/en/sharebot-metalone-dmls/> [11 Kasım 2019]

<https://3dprinting.com/news/ultrafuse-316l-a-metal-polymer-composite-for-fff/> [11 Kasım 2019]

<https://www.dezeen.com/2019/01/04/3d-printed-wood-columbia-university/> [14 Kasım 2019]

<http://www.futureofstructures.com/featured/3d-printed-geopolymer-concrete/> [14 Kasım 2019]

<https://www.3dhubs.com/guides/metal-3d-printing/> [14 Kasım 2019]

<https://www.ideapropulsionsystems.com/idea-propulsion-systems/2017/1/18/the-mini-metal-maker-3d-metal-printer-for-the-maker-community> [14 Kasım 2019]

<https://all3dp.com/1/best-sls-3d-printer-desktop-industrial/> [25 Kasım 2019]

<https://www.sinterit.com/the-story-behind-glassesusa-com-and-janne-kyttanen-3d-printed-glasses/> [25 Kasım 2019]

<https://3dprint.com/253718/interview-with-owen-hildreth-on-automated-support-removal-of-metal-3d-prints/> [25 Kasım 2019]

<https://all3dp.com/vanina-leaves-jewelry/> [25 Kasım 2019]

<https://3dprinting.com/news/entire-country-bahrain-got-3d-printed/> [25 Kasım 2019]

<https://www.instructables.com/id/Glass-Fused-Deposition-Modeling-FDM/> [27 Kasım 2019]

<https://www.3dprintersbay.com/ceramic-3d-printing-secrets> [27 Kasım 2019]

<https://www.3dbyflow.com/> [27 Kasım 2019]

<https://all3dp.com/2/dlp-vs-sla-3d-printing-technologies-shootout/> [27 Kasım 2019]

<http://nbww.com/autodesk-invests-10m-in-carbon3ds-advanced-3d-printing-technology-architect-magazine-3d-technology-technology-manufacturers-fabrication-alternative-materials-3d-printers-3d-printing-carl/> [27 Kasım 2019]

<https://all3dp.com/2/the-smallest-3d-printed-things/>(<https://www.flashforge-eu.com/info/2017/08/09/the-smallest-daniel-noree-3d-printed-on-hunter/>) [27 Kasım 2019]

<https://3dprint.com/69344/envisiontec-wax-era/> [29 Kasım 2019]

<https://www.3dresyns.com/pages/direct-investment-casting-for-jewelry> [29 Kasım 2019]

<https://www.digitalengineering247.com/article/objet-pushes-forward-with-multi-material-printing/feed> [30 Kasım 2019]

<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing/> [30 Kasım 2019]

<https://www.maptec.ae/3600> [30 Kasım 2019]

[https://3dwax.ru/ %D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%B0/](https://3dwax.ru/%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%B0/)[30 Kasım 2019]

<https://www.3dprintingmedia.network/additive-manufacturing/am-technologies/laser-engineered-net-shaping-lens/> [30 Kasım 2019]

<https://www.beam-machines.com/applications-process-3d-printing> [30 Kasım 2019]

<http://www.3design.com/3design-gallery/> [1 Aralık 2019]

<https://grabcad.com/library/10-gemstone-shapes-1> [1 Aralık 2019]

http://www.rhinojewel.com/en/features_metal.php [1 Aralık 2019]

<https://www.rhino3d.com/gallery/4/55206> [1 Aralık 2019]

<https://www.dezeen.com/2015/09/08/3d-printed-gold-jewellery-18-carat-reshape-industry-lionel-t-dean/> [1 Aralık 2019]

<https://www.shining3d.com/converting-nature-into-jewellery-with-3d-scanning/> [1 Aralık 2019]

<https://www.dezeen.com/2015/09/08/3d-printed-gold-jewellery-18-carat-reshape-industry-lionel-t-dean/> [1 Aralık 2019]

<https://capturemein3d.wixsite.com/ci3djewelry> [1 Aralık 2019]

<http://www.makery.info/en/2014/10/27/limpression-3d-metal-pour-tous-avec-la-mini-metal-maker/> [1 Aralık 2019]

<https://inzertgraphics.com/3d-beeldje/> [2 Aralık 2019]

<https://cadcamstuff.com/3970/6-things-solidworks-users-should-know-about-3d-printing/> [3 Aralık 2019]

<http://www.costanzoerizzetto.it/design.en.html> [3 Aralık 2019]

<https://all3dp.com/1/3d-metal-3d-printer-metal-3d-printing/> [3 Aralık 2019]

<https://www.cooksongold.com/blog/trends-and-inspiration/cooksongold-3d-launches-at-international-jewellery-london> [6 Aralık 2019]

<https://3dprint.com/195046/cooksongold-interview-formnext/> [6 Aralık 2019]

<https://www.3dprintingmedia.network/resin-metal-3d-printed-jewelry-shines-vicenza-oro-jewelry-fair/> [6 Aralık 2019]

<https://www.sculpteo.com/blog/2017/05/10/a-new-material-available-3d-printing-with-binder-jetting-stainless-steel/> [6 Aralık 2019]

<https://3dprint.com/103300/fake-color-3d-print-with-paper/5/> [7 Aralık 2019]

<https://www.3ders.org/articles/20170217-preserving-syrias-heritage-3d-printing-helps-restore-palmyra-busts-destroyed-by-isis.html> [8 Aralık 2019]

<https://www.3dnatives.com/en/electron-beam-melting100420174/> [8 Aralık 2019]

<https://astorandorion.com/blogs/news/peak-behind-the-curtain-part-1-prototyping> [21 Aralık 2019]

<http://archive.zbrushcentral.com/showthread.php?93972-Cacharreando-con-Zbrush-Nacho-Riesco-Zworks/page11> [21 Aralık 2019]

<https://www.shapeways.com/product/J2GYXK9EL/klein-dragon-pendant?optionId=61656888&li=shops> [21 Aralık 2019]

<http://www.adorgold.com/default.php?action=urunlerimiz&parent=63&slug=2018-sonbahar> [3 Ocak 2020]

<http://www.adorgold.com/default.php?action=urunlerimiz&parent=41&slug=arya> [3 Ocak 2020]

<https://boltenstern.com/collections/resonance/products/resonance-11x36-bracelet-18ct-gold> [4 Ocak 2020]

<https://boltenstern.com/pages/technology> [4 Ocak 2020]

<https://boltenstern.com/collections/embrace/products/embrace-multi-colored-1-row-bracelet-18ct-yellow-gold-color-set-three> [4 Ocak 2020]

<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=78> [4 Ocak 2020]

<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=103> [4 Ocak 2020]

<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=283> [4 Ocak 2020]

<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=212> [4 Ocak 2020]

<https://www.nuovigioielli.com/progettazione-e-tecnologia/> [4 Ocak 2020]

https://n-e-r-v-o-u-s.com/about_us.php [4 Ocak 2020]

<https://boltenstern.com/pages/about-marie-boltenstern> [4 Ocak 2020]

<https://www.nuovigioielli.com/about/> [4 Ocak 2020]

<https://vimeo.com/27715465> [1 Şubat 2020]

<https://www.shapeways.com/product/XZ8GKRSPS/gyroid-ring?optionId=40877839&li=marketplace> [1 Şubat 2020]

<http://www.singularity-archlab.com/generative-jewelry.html> [1 Şubat 2020]

<https://www.grasshopper3d.com/photo/2985220:Photo:168749?context=album&albumId=2985220%3AAlbum%3A168672> [1 Şubat 2020]

<https://n-e-r-v-o-u-s.com/shop/product.php?code=15> [1 Şubat 2020]

<http://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/2655022684?profile=original> [1 Şubat 2020]

<http://www.byfractalmathematics.com/> [17 Şubat 2020]

<https://www.deviantart.com/mandelwerk/art/3D-Printed-Fractal-Ring-Planetarium-536982917> [17 Şubat 2020]

<https://www.deviantart.com/mandelwerk/art/3D-printed-Fractal-Silver-Ring-Collection-428240359> [17 Şubat 2020]

<https://www.shapeways.com/product/LJ68WYFY2/yin-yang-infinity-spiral-pendant> [17 Şubat 2020]

<https://jackrow.com/about.htm> [24 Şubat 2020]

https://jackrow.com/jaali_collection.htm [24 Şubat 2020]

https://jackrow.com/architect_collection.htm [24 Şubat 2020]

<http://www.futurefactories.com/work-item/section-2-item-1> [25 Şubat 2020]

http://www.futurefactories.com/assets/work/section2/item3/slide_01.jpg [25 Şubat 2020]

<http://www.futurefactories.com/work-item/section-2-item-2> [25 Şubat 2020]

<http://www.futurefactories.com/about> [25 Şubat 2020]

<https://www.facebook.com/3dkafasi> [2 Haziran 2020]

<https://www.anycubic.com/products/anycubic-photon-3d-printer> [2 Haziran 2020]

http://www.hd-systems.com.ua/components/com_virtuemart/shop_image/product/SKU1489_12.jpg [2 Haziran 2020]

<https://www.fepshop.com/wp-content/uploads/2018/06/easy-z0-anycubic-photon-2-1.jpg> [2 Haziran 2020]

<https://i.ytimg.com/vi/qysjgu0p3Sk/maxresdefault.jpg> [2 Haziran 2020]

<https://tresde.pe/wp-content/uploads/2019/08/dlp-1080x675.jpg> [2 Haziran 2020]

ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Güneş Mutlu

Doğum Yeri ve Yılı: İzmir, 1989

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitimi:

Yüksek Lisans: 2015, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Tekstil ve Moda Tasarımı Anabilim Dalı

Lisans: 2007, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Anabilim Dalı, Moda Aksesuar Tasarımı Bölümü

Lise: 2003, MEV. Avni Akyol Lisesi