

Cam Sanatında Stereolitografi Tekniği İle 3D Cam Yazıcının Kullanımı- Neri Oxman Örneği

Using of Three-Dimensional Glass Printer with the Stereolithography Technique in Glass Art-Neri Oxman Example

Ayla Birinci 

Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi,
Güzel Sanatlar Fakültesi, Resim
Bölümü, Erzincan, Türkiye



ÖZ

Yeni teknolojik gelişmelerin ortaya çıkmasıyla teknik olarak birçok alanda yorumlanmaya açık olan cam malzemesi, sanat alanında da bu yeni olanaklar doğrultusunda sanatçılar tarafından tercih edilmektedir. Teknolojik gelişmelerin yaşam konforuna sağladığı katkıların yanı sıra sanata olan katkısı önem teşkil etmektedir. Tasarım aşamasında kullanılacak olan tekniğin çözümlenemediği noktada teknolojik destek ile üretim kolaylığı sağlanabilmekte, bu kolaylık birçok sanat disiplinindeki kullanımlarla malzemenin farklı bir şekilde nasıl yorumlanabileceğini ön plana çıkarmaktadır. 3D tasarım temeline dayanan heykel, seramik ve cam gibi sanat disiplinleri genel örnekler arasındadır. Bu örnekler ile tasarım boyutu farklılaşabilmekte, heykel alanındaki malzeme çeşitliliği ile 3D üretimi paralel bir gelişim göstermektedir. 1970'li yıllarda bilim dünyası adına önemli bir ilerleme kaydeden 3D yazıcıların, pek çok sektörde olduğu kadar sanat alanında da örnekleri yer almaktadır. Sanatın uygulanabilirliği bazı alanlarda teknoloji desteğiyle 3D tasarım ile daha ergonomik bir hal almaktadır. Bu durumla ilgili yapılan araştırma, geliştirme çalışmaları cam alanında da sürdürülmektedir. Bu çalışmada; ilk önce cam sanatının teknolojik olarak gelişimi, 3D baskı yöntemleriyle cam, sonrasında teknolojinin nasıl kullanıldığına dair örnekleri olan stereolitografi tekniği ve bu alandaki çalışmalarıyla bilim dünyasında bu konuda bir farkındalık oluşmasını sağlayan bilim insanı Neri Oxman örneği ele alınmaktadır. Sanatçının yapmış olduğu bilimsel çalışmalar, üretim mantığını doğa ile ilişkilendiren bir yapı sunmuş, camın doğada varoluşu çalışmalarında bu yapıyı yansıtabileceği bir malzeme halini almıştır. Bu çalışmada camın şekillendirilmesinde kullanılabilecek olan tekniklerin geliştirilmesi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cam, cam sanatı, teknoloji, 3D yazıcı, stereolitografi, Neri Oxman

ABSTRACT

Glass material, which is technically open to interpretation in many areas with the emergence of new technological developments, is preferred by artists in the field of art in line with these new possibilities. In addition to the contribution of technological developments to the comfort of life, its contribution to art is important. At the point where the technique to be used in the design phase cannot be resolved, production convenience can be achieved with technological support, and this convenience highlights how the material can be interpreted differently with uses in many art disciplines. Art disciplines such as sculpture, ceramics, and glass based on three-dimensional design are among the common examples. With these examples, the design dimension can be differentiated, and the variety of materials in the sculpture area and three-dimensional production show a parallel development. Three-dimensional printers, which made significant progress on behalf of the scientific world in the 1970s, have examples in the field of art as well as in many sectors. The applicability of art becomes more ergonomic with three-dimensional design with the support of technology in some areas. Research and development studies related to this situation are also carried out in the field of glass. In this study, first, the technological development of glass art, glass with three-dimensional printing methods, then the stereolithography technique, which is example of how technology is used, and the example of Neri Oxman, a scientist who has created an awareness in the scientific world with his studies in this field. The scientific studies carried out by the artist have

Geliş Tarihi/Received: 31.12.2022

Kabul Tarihi/Accepted: 07.03.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Ayla BİRİNCİ

E-mail: ayla.birinci@erzincan.edu.tr

Cite this article as: Birinci, A. (2023). Cam sanatında stereolitografi tekniği ile 3D cam yazıcının kullanımı- neri oxman Örneği. *Journal of Art and Iconography*, 4(1), 10-17.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

presented a structure that relates the production logic with nature, and the existence of glass in nature has become a material that can reflect this structure in his works. In this study, the development of techniques that can be used in shaping glass is evaluated.

Keywords: Glass, glass art, Neri Oxman, technology, stereolithography, 3D printer

Giriş

Cam hayatımızın birçok alanında gereksinimini duyduğumuz, geçmişten bugüne var olmuş ve gelişimini sürekli artıran, yaşam içinde elzem bir malzemedir. Doğada var oluşundan endüstride kullanımına kadar geçen evrede birçok teknikle beraber gelişmiş, dönüşmüş ve evrilmiştir. Cam malzeme itibarı ile diğer disiplinlerden ayrı bir yerde ve teknoloji ile iç içedir. Teknoloji ile bağıntılı olan durumu cam malzemeyi özellikle şekillendirilme açısından farklı bir ufka taşımıştır. Bu duruma destek olan 3D modelleme, camın fiziksel yapısını ön planda tutarak cam şekillendirme tekniklerine farklı bir pencere açmıştır. Teknolojinin ilerlemesi ile bilgisayar destekli ortamlarda tasarlanan ürünün üretimi sağlanabilmektedir. 3D tasarım ve yazıcı uygulamasının hayatın birçok alanında hatta birçok disiplinde uygulanabilmesi malzemelerin türü açısından daha ortalama bir durumdur. Ancak cam malzemenin geliştiği sıcaklığın, yazıcı ile olan bağlantısı noktasında ileri bir teknoloji gerekmektedir. Bu konuda bilim insanı Neri Oxman tarafından cam şekillendirme için geliştirilen Sterolitografi tekniği, sanata katkı sağlayarak, malzemenin teknoloji ile birlikteliğinin çıktılarını literatüre sunmuştur. Bu çıktılarla birlikte, camın sadece geleneksel şekillendirme yöntemleri ile şekillendirilebileceği fikri kırılarak, yeni bir görüş oluşmuş ve farklı bir vizyon aktarılmıştır. Böylelikle teknoloji ile birlikte gelen gelişim sanatın disiplinler olarak ilerlemesine neden olmuştur. Neri Oxman örneği de dünyada bu alanda yapılan çalışmalarda, yol gösterici olması bakımından önem teşkil etmektedir. Bu araştırma gerek dünya, gerekse ülkemizde gelişmekte olan cam sanatına, teknolojik olarak katkı sağlayacağı düşüncesi ile yapılmış özgün bir çalışmadır. Örnek çalışmalar üzerinden incelenerek, sistemin ne şekilde ilerlediğini ve sonucun manuel sistem ile olan benzerlikleri ve farklılıkları ele alınarak nitel araştırma yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

3d Baskı Yöntemleri

“Günümüz teknolojisinde 3D Printer olarak bilinen 3D yazıcı, bilgisayar destekli programların kullanılmasıyla dijital olarak elde edilen modelleri plastik, metal vb. gibi malzemeleri baskı esnasında ergitip kullanarak 2 boyutlu bir düzlemde her bir katmanı üst üste gelecek şekilde ince tabakalar oluşturarak 3D bir nesne meydana getiren bir tip yazıcıdır” (Sönmez, Kesen, Dalgıç, 2018, s. 471). 3D yazıcı teknolojisi hayatın pek çok alanında; (tıp, uzay, havacılık, dişçilik, mimari, mücevherat, otomotiv ve sanat) kullanılmakta ve tercih edilmektedir. Sanat alanında tercih edilmesinin sebeplerinden bir tanesi küçük ölçekte modelleme yapılarak çalışmanın ön modellemesinin gerçekleştirilmesidir. Bu durum çalışmanın niteliğinin önceden belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Cam ile birlikteliği asırlar öncesine dayanan seramik malzeme de 3D modelleme yöntemlerinin kullanıldığı bir alandır. Süreç olarak tasarımı yapılarak bir amaca göre üretilen malzemede, hedeflenen amaçla orantılı olarak materyal seçiminin belirlenmesi gerekmektedir. Amaca göre bir üretim biçimi olmalı ve bu yönde bir yol çizilmelidir. Seramik alanında oluşturulacak olan modüle ait çamur seçimi ve 3D yazıcıya en uygun şekilde seçilen oranlarla üretim sağlanabilmektedir. Cam alanında ise süreç diğer

alanlardan oldukça farklı ilerlemektedir. Çünkü cam 3D yazıcıdan akıtma yoluyla modül üretimi olacak şekilde düşünüldüğünde, bunun için gerekli materyallerin kurgulanması ve camın eriyik bir şekilde bulundurulması gerekmektedir. Camı eriyik bir biçimde stabil olarak kullanmak için de teknoloji ve döküm potaları kullanılmalıdır. Ortalama 900 °C ısıya maruz kalması gereken cam 3D donanımın uyum sağlaması için özel malzemelerle işlevselleştirilmelidir. Çünkü gereken ısıya maruz kalarak tüm donanımın deformasyona uğramaması gerekmektedir. Teknolojinin sanata olan katkısı bu ölçüde önemlidir. Teknolojinin gelişim içerisinde olması, yaşamın birçok alanına etki ettiği gibi sanata ve sanata yeni kapılar açmaktadır. 3D baskı teknolojisi, malzemeyi bağlama ve birleştirme yöntemine göre farklılık göstermektedir. 3D baskı, dijital bir dosyaya bağlı olarak nesnelerin katmanlı üretimi temeline dayanmaktadır. Uygun olan materyalin katı ya da sıvı olarak seçilerek birbirine bağlanması ve katmanların birbirine eklenmesiyle sağlanmaktadır. 3D baskı yöntemi olarak en fazla kullanımı, Fused Deposition Modelling (FDM), Selective Lazer Sintering (SLS) ve Sterolitografi (SLA) şeklinde sıralanmaktadır. Bunun yanı sıra süreç, malzeme, boyut gibi etkenlere bağlı olarak değişik baskı yöntemleri de yer almaktadır.

Eriyik Dökerek Modelleme (FDM)

Fused Deposition Modelling- Eriyik Dökerek Modelleme (FDM) yöntemi, filamentlerini belirli bir desene göre biriktirmek için eriyik ekstrüzyon yönteminin kullanıldığı bir teknolojidir. “Eriyik Dökerek Modelleme tekniğinde (FDM) termoplastik filament (lif) yazıcının bir bölümünde eritilip ardından ince bir sıcak uçtan çıkartılır, obje bu eritilmiş liflerin bir önceki katmana soğutucu ile anında soğutulup bağlanmasıyla oluşturulur. Burada görülen işlem sıcak silikon tabancasının bir benzeridir. Teknoloji gelişmesine rağmen diğer tekniklere göre katmanlar daha belirgindir, fakat termoplastiklerin mekanik özellikleri, baskısı yapılan objeyi sağlam kılar” (Uyan, 2016, s. 30). Bu teknikte ahşap, metal, seramik, metal ve benzeri maddeler bağlayıcılarla karıştırılarak geliştirilmiştir.

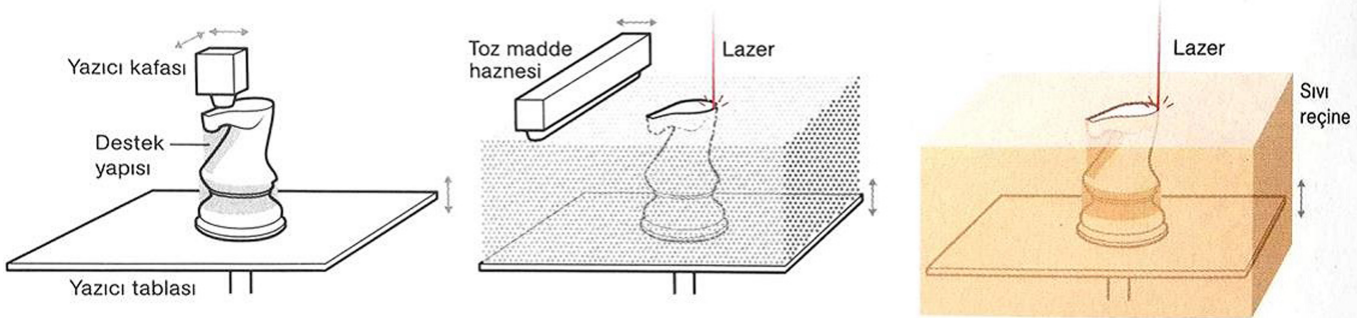
Seçmeli Lazer Sinterleme (SLS)

Kullanılma sıklığı açısından ölçeklere bakılacak olunursa, Seçmeli lazer sinterleme olan kısa adıyla SLS tekniği, toz halindeki malzemelerin güçlü lazer aracılığıyla eritilip birleştirilmesi çalışma prensibine dayanmaktadır. Bu prensibe dayanan düzende ısı ile bağlama gerçekleştirilir. Toz halindeki madde, depolandığı haznede her katman oluşumunda tekrar dökülür. Teknik olarak bu yöntemin ayrıntıları şu şekildedir:

“SLS prosesi, toz malzeme kullanarak, ısı oluşumunu sağlayan CO₂ lazer ile katman katman CAD verisinden 3D parçalar oluşturur. Isıtıldığında birbiri ile birleşebilen toz halindeki inşaat malzemesi ince ve düz bir tabaka şeklinde katman kalınlığı kadar üretim tablası üzerine yayılır. CO₂ lazer, tarayıcı sistem aracılığı ile tabaka şeklindeki tozlar üzerinde seçilen bölgeleri tarar ve ilk katman inşası biter. Sonra diğer katman inşası için tezgâh tablası altındaki platform, katman kalınlığı kadar aşağı iner. Toz yayıcı mekanizma aracılığıyla bir önce taranmış katmanın üzerine yeni katman

ÜÇBOYUTLU BASKININ ÜÇ FARKLI YÖNTEMİ

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



Eriyik Dökerek Modelleme

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

Seçmeli Lazer Sinterleme

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

Stereolitografi (Reçine Kürleme)

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

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

Resim 1.

Eriyik Dökerek Modelleme, Seçmeli Lazer Sinterleme ve Stereolitografi tekniklerinin karşılaştırılması.

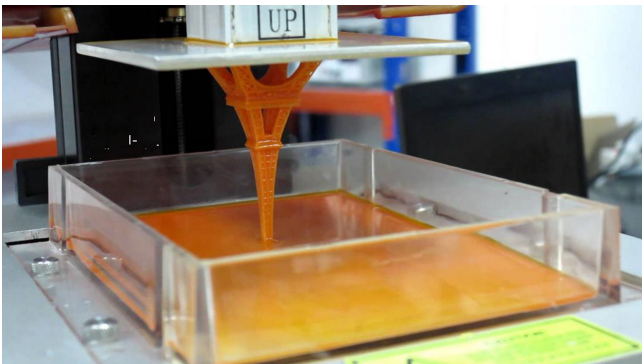
kalınlığı kadar toz serilir ve lazer ile taranır. Bu işlem model oluşuncaya kadar devam eder. Sinterleme işleminin tamamlanmasından sonra sinterleme istasyonunun soğuması için bir süre beklenir. Sonra parça, tezgâh üretim tablası üzerinden alınır ve doğal destek görevi üstlenmiş tozlar, fırça veya vakumlu süpürge ile temizlenir. SLS parçaları kumlama, isteğe bağlı boyama gibi son işlemlere ihtiyaç duyar. SLS sistemi, sinterleme istasyonunun dışında, kullanılmış

tozun belirli oranda yeniden kullanılmasını sağlayan geri dönüşüm sistemini içerir (Çelik, Karakoç, Çakır, 2013, s. 62).

Stereolitografi (Reçine Kürleme) (SLA)

Stereolitografi tekniği 3D yazıcıların gelişim süreci içerisinde ticari anlamda ilk kez öne çıkan teknik olmuştur. Bu teknikte Fotopolimerizasyon olarak bilinen bir süreç bulunmaktadır. "Fotopolimerizasyon sistemleri elektronların direkt veya başka bir

molekülle reaksiyonu sonucu uyarılmasını ve sonrasında monomeri de uyararak polimerizasyonu başlatmasını sağlayan polimerizasyon çeşididir" (Turp, 2019, s.13). Işığın farklı dalga boylarında ortaya çıkan değişimler de Fotopolimer olarak tanımlanabilmektedir. Fotopolimerler stereolitografi 3D baskı tekniği olarak kullanıldığında, sıvı polimerler, ışığın dalga boylarına maruz kaldığında katı bir hal almaktadır. Bu katılaşma ile sistem ilerlemeye hazır bir durum almaktadır. "Bir lazer, sıvı reçine dolu kabın yüzeyinde



Resim 2.

Stereolitografi yazıcıda 3D baskı Süreci.



Resim 3.

İpek Çadır'a İpek Böceklerinin Yerleştirilmesi.



Resim 4.
İpek Böceklerinin Çadırı Oluşturması.

çığı istenilen objenin sınırlarını çizerek enine kesitlerini katılaştırılarak daha sonra bir üzerinde biriken katmanlar platformun hareketiyle birbirlerine bağlanırlar” (Warnier, Verbruggen, vd. 2014, s.10). SLA yönteminin sistem olarak işleyişi şu şekildedir. SLA CAD verisi aracılığıyla 3D objeler üretmektedir. Bu süreçte fotopolimer sıvı reçinenin bir haznenin içine doldurulması ve düzenlenmiş olan hareketli bir platform aracılığıyla sıvı reçinenin yüzeyin altına alınması ile başlamaktadır. CAD sisteminin kullanımında görev alan bilgisayar ile kontrollü tarama sistemi, sıvı reçineyi tasarlanan kesitlerde katılarak oluşturmaya başlamaktadır.

Neri Oxman'ın baskı yöntemleri üzerine yaptığı çalışmalar doğrultusunda gelişen stereolitografi tekniği ilk aşamada farklı materyal denemeleri ile belli aşamalara taşınmıştır. Katmanlı üretim tekniğini benimseyen üretim şekli, ayrıntılı yüzeylerin oluşumu esasını çalışmaktadır. Tekniğin artı bir yönü olarak ayrıntıların görünmemesi ve pürüzsüz bir yüzey oluşumu ön plandadır. “Diğer baskı yöntemlerinden farklı olarak, objenin sıvı içerisinden çıkarılmasından dolayı, çıkıntılı formlar, ters açılar, ve birbirinden ayrı parçalar üretilirken daha sonra temizlenmek üzere destek yapılar



Resim 5.
Oxman'ın Fiber Malzemelerden Oluşturduğu Fiber Robot Ordusu.



Resim 6.
3D Cam Yazıcı.

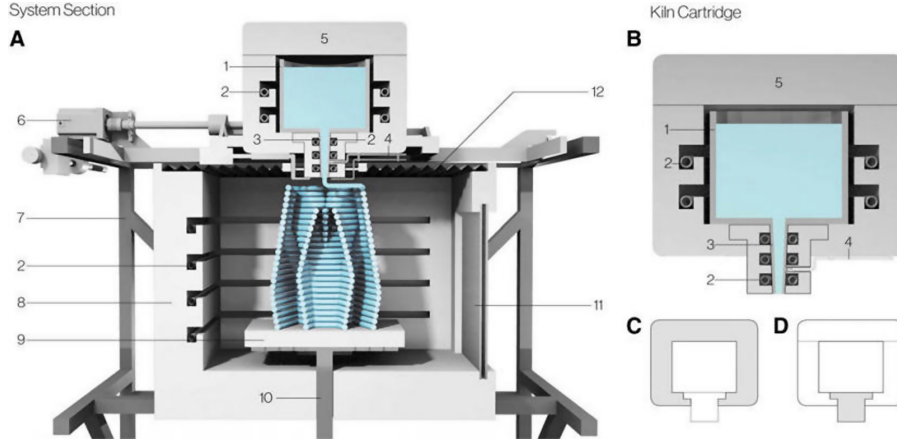
baskıya eklenmektedir. Yüksek çözünürlüklü çıktılar elde edilmesine rağmen stereolitografide, çıktılarının sağlamlıkları diğer yöntemlere göre düşük seviyede kalmaktadır. SLA 1980'lerin sonlarına doğru 3D Systems adlı şirket tarafından ticarileştirilmiştir. Form Labs tarafından stereolitografik işleme dayalı ilk masaüstü 3D yazıcı olan Form 1 modeli 2012 yılında satışa sunulmuştur (Warnier, Verbruggen, vd. 2014, s. 10).

Cam Sanatında Stereolitografi Tekniğinin Kullanımı

Kendine has özelliklere sahip olan cam asırlardan beri yaşamın birçok alanında çeşitli nesnelerin yapımında kullanılan özel bir malzeme olmuştur. Cam; gelişen teknoloji ile yaşamla iç içe olmuş ve Mezopotamya'da, Mısır'da, Akdeniz'de, Anadolu'da pek çok ilk örnekleri görülmüştür. Süregelen zaman ve gelişen teknoloji ile cam üretimi, üretilme amacına göre değişkenlik gösteren şekillendirme teknikleri ile varlığını sürdürmüştür. Birçok şekillendirme tekniği uygulanabilen cam; üflenebilen, kalıplanabilen, soğuk ve sıcak olarak şekillendirilebilen bir malzemedir.

Camın biçimsel nitelikleri, oluşumu için kullanılan tekniklerle yakından bağlantılıdır. Antik Mısır'da boncuk yapımı için çekirdek oluşturma sürecinin keşfinden, Roma döneminde metal üfleme borusunun icadına, büyük ölçekli düz cam yapmak için modern endüstriyel sürecine uzanan süreçte cam teknolojisindeki her yeni atılım, uzun süreli deneyler ile meydana gelmiş ve malzemenin kullanımları için yeni olasılıkların oluşmasına neden olmuştur. Teknolojik alandaki bu gelişim, var olan birçok cam şekillendirme tekniğine ek olarak tasarım ve üretim sürecine yeni bir nitelik getirmiştir. Teknolojik gelişmenin etkisi olarak bilinen “Sanayi Devrimi” getirdiği gelişimlerle birçok alana katkı sağlamıştır. Sanayi Devrimiyle değişen ve gelişen makinelerin üretime yönelik katkısını kavrayarak, 21. Yüzyılda kullanılan araçların insana ve sanata olan katkısı anlaşılmaktadır. Aydınlanma Çağı ve Sanayileşme süreci ile şehirlerdeki popülasyonun artması “Sanat” kavramının bağımsızlaşmasına sebep olmuş, 17. yy'dan 20. yy'a kadar var olan değişimlerle yeni tekniklerin kullanımını artmıştır. Teknolojinin günlük hayatta kullanılmasının etkisiyle, elektrikli aletlerin ve yeni malzemelerin sanat yapıtlarında kullanımı artış göstermiştir. “İnsanlık ilerledikçe cam daha önemli ve vazgeçilmez elemanlardan biri olmuştur” (Bayramoğlu, 1996, s. 3).

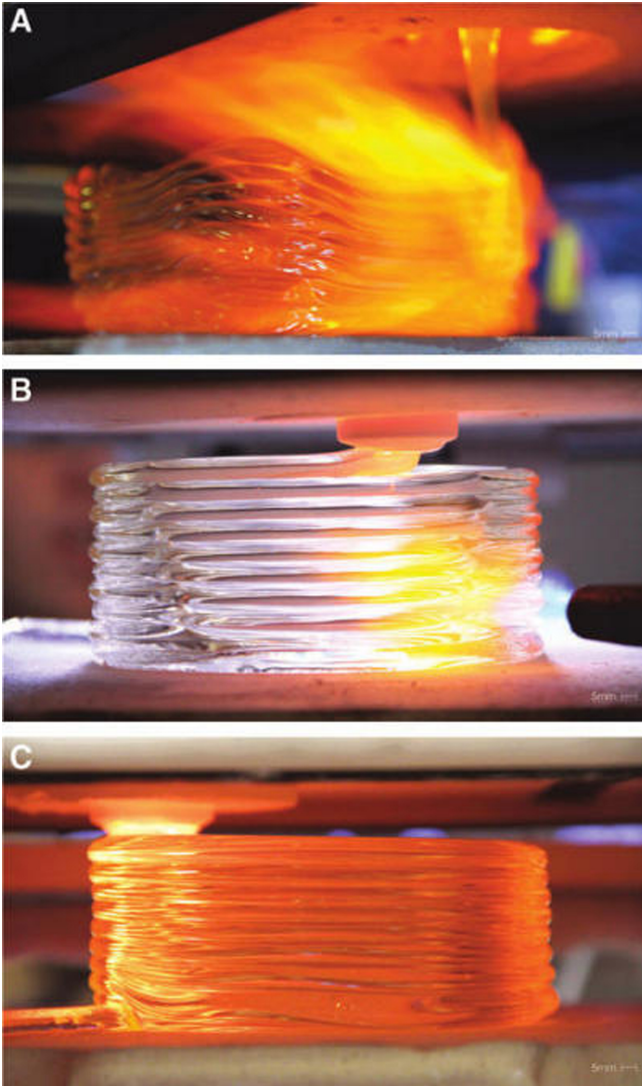
İnsan gücüne dayanan şekillendirme tekniklerini teknoloji yardımıyla gerçekleştirmek mümkün olmuştur. Bunun yanında camın yapısal özellikleri şekillendirme tekniklerinin uygulanabilmesi için bilinmelidir. “Cam yapısı itibarıyla içeriğinde bulunan kimyasal bileşenler ile camı etkileme bakımından gruplandırılmaktadır.



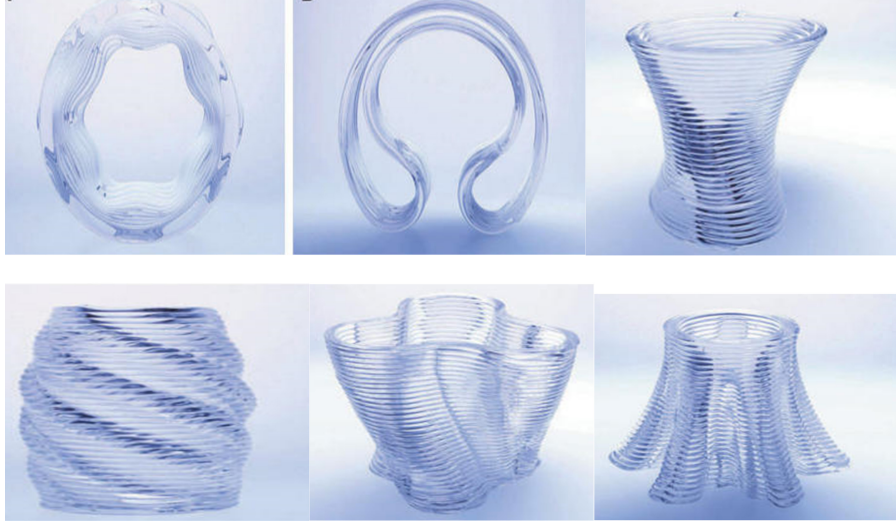
Resim 7.
3D Cam Yazıcı Modelinin Şekilsel Anlatımı.

Bunlar ağ değiştiriciler ve ara bileşiklerdir” (Shi, 2004, s. 145). 20. yy’da cam üretimi, fabrikalar tarafından gerçekleştirilmekte, kişisel tasarımlarını yapan cam sanatçıları da bu durumu değerlendi-

rmektedirler. Süregelen zaman içerisinde cam, sanatçılar tarafından kendi atölyelerinde de yapılmaya başlamıştır. Bu durum atölyelerde ve okullarda cam eğitiminin başlamasına neden olmuş ve “Stüdyo Camı” hareketi ortaya çıkmıştır. Bu hareketin yanı sıra camın mekanik olarak yapımında gelişmeler olmuş, otomatik üfleme makinaları, otomatik presler gibi camın şekillenmesine katkı sağlayacak ekipmanlar kullanılmıştır. Türkiye örneğinde Şişecam Fabrikası da camı, şekillendirebilmek adına kendi üretim şekline uygun birçok gelişim göstermiştir. Şişecam fabrikasının web sitesinde yer alan teknik bilgiye göre: Bu gelişim şişe, pres, düzcam, nötr borosilikat cam, cam elyaf, cam çubuk, ısı cam, ayna, float camı üretilebilmek için edindikleri ekipman desteklerini içermektedir. Dijitalleşme ile teknolojik gelişmelerden bir tanesi olan stereolitografi tekniği; genel olarak 3D baskı olarak bilinmektedir. Bu 3D baskı tekniği fonksiyonel olarak eklemeli üretim teknolojilerini içine almaktadır. Stereolitografi tekniği; ultraviyole ışıkla kürlenebilen malzemelerin, ince katmanlarını art arda basarak 3D nesnel oluşturulması çalışma prensibine dayanmaktadır. Tekniğin zaman içinde kullanımı onu yaygınlaştırarak teknolojik olarak daha küçük formatlı kullanımını arttırmıştır. Bu gelişme masaüstü 3D baskının piyasaya sürülmesini ve katmanlı üretime erişimi genişletmiştir. Bu gelişim birçok disiplinde kendini göstermiş ve insan hayatı için konfor sağlamıştır. “3D yazıcıların ilk ortaya çıkışı 1970’lere dayanmaktadır. 1986 yılında Charles Hull tarafından patenti alınarak günümüze kadar gelişerek gelmiş olan bu üretim yöntemi, el ile yapılamayacak kadar karmaşık formların üretilmesine imkan verirken, otomotiv, mimari, inşaat, tıp, biyoteknoloji, endüstriyel tasarım, moda tasarımı ve gıda gibi alanları içine alan geniş bir yelpazede kullanılmaktadır” (Hull, 2015, s. 25). Böylece geniş bir alanda kullanım imkanı sağlaması amacına hizmet edecek olan 3D yazıcı teknolojileri, 1980’li yıllarda icat edilmiş, ancak masaüstü bilgisayar ve cep telefonuna benzer olarak yaygınlaşması 2010’lu yıllara kadar dayanmıştır. Eklemeli üretim olarak isimlendirilen bu teknik, oluşturulması planlanan modülün üretim aşamasında yarattığı farklı sanatsal üretime yeni bir boyut kazandırmaktadır. LDM (Liquid Deposition Modelling) eklentisi ile bu sistem seramik ve cam sanatındaki çalışmalarda kullanılmaktadır. Seramik malzeme ve cam malzemenin modelleme aşamasındaki temel farklılıklar vardır. Bunlardan bir tanesi ısıdır. Çamur şekillendirildikten sonra ısı ile seramik haline gelirken, cam ısı ile şekillendirilmektedir.



Resim 8.
Cam Yazıcının Başlangıçtan İtibaren Tavlama Noktasına Kadar Olan Evrimi.



Resim 9.

3D Yazıcı Kullanılarak Üretilen Nesneler.

oluşturulması prensibine dayanmaktadır. 3D baskı tekniğiyle seramik üretiminin, diğer malzemelere oranla çok daha yakın bir yeni bir gelişme olduğu söylenebilmektedir. Bu konuda birçok sanatçı ve atölye çalışmalar yapmaktadır. Bunun yanı sıra projelerle, teknik olarak desteklenerek sanatsal üretime farklı bir kazanım sağlanmıştır. Dünyada kurulan merkezler ile yapılan projeler tekniğin hem bağımsız hem de akademik olarak sürdürülmesini sağlamaktadır. “İngiltere’de West England Üniversitesi bünyesinde yer alan Baskı Araştırma Merkezi ve ABD’deki Tet-hon firması Toz Bağlama yöntemiyle üretimin geliştirilmesi için oldukça büyük katkılar veren kuruluşlardır” (Martinez, Can, 2016, s. 4). Ancak cam modellemede bu sistem tek başına yeterli değildir. Çünkü cam kimyasal yapısı itibarıyla 3D modelleme sistemine adaptasyonu belli teknikler ile sağlayabilmektedir. Camın 3D modellemede akışkan olması için belli bir ısıya sahip olması gerekmektedir. Dolayısıyla modellemede kullanılan yazıcı materyallerinin bu ısıya dayanıklı ve özel olarak tasarlanarak seçilmesi gerekmektedir. Gerekli olan teknik donanım sağlanması ve camın modellenebilecek ısıya sahip olmasıyla birlikte modelleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Cam şekillendirme tekniklerinin sanatsal ifadede bir dil oluşturulmasına sağladığı katkı yadsınamaz bir gerçektir. Cam malzemesinin sanatsal ifade gücü etkili ve çok yönlüdür. Dijitalleşme ile bu sanatsal etki daha da güçlenmekte, teknolojik değişim ve gelişim ile sanatçının ifade olanağı artmaktadır. Gelişen ve değişen dünyada teknolojinin sunduğu imkanlar tasarımcıyı üretim noktasında daha sınırsız bir noktaya taşıyarak teknik çözümler sunmaktadır. İnsan gücü olmaksızın sadece tasarım yaparak stereolitografi tekniği ile 3D cam eserler oluşturulmaktadır. Farklı sanat disiplinlerinde de kullanılabilen bu teknik cam malzemenin kimyasal yapısından dolayı daha karmaşık ve aşamalı bir sisteme sahiptir.

Neri Oxman

İsrail asıllı olan ve Amerika’da yaşayan sanatçı Oxman, eğitimi mimarlık üzerine almış MIT(Massachusetts Institute of Technology) Media Laboratuvarında bir tasarımcı olarak çalışmaktadır. “Medya Sanatları ve Bilimi Profesörü olan Oxman, sanat, biyoloji, bilgisayar teknolojisi ve malzeme bilimi ile mimariyi birleştiren, özgün ve ayrıntılı tasarımları ile bilinmektedir” (Oxman, 2021,

August 24). Tasarım ve mimaride kullandığı malzemelerle, özellikle ekolojik ürünler ve 3D giyilebilir teknolojiler alanında çok ilginç ve sıra dışı bulunan çalışmaları Oxman’ı bilim ve sanat dünyasında oldukça tanınan biri haline getirmiştir. “Çalışmalarının Malzeme Ekolojisi alanında olduğunu ifade ederek; tasarladığı ürünler ile Modern Sanat Müzesi ve Boston Bilim Müzesi’nde sergiler düzenlemiştir. Disiplinler arası yapmış olduğu çalışmalar onu birçok alana yönlendirmiş ve bu birikimleri sanatsal bir üslupla somutlaştırarak çalışmalarını sürdürmüştür” (Oxman, 2021, August 24).

Oxman çalışmalarında bilim, mühendislik ve mimariyi bir araya getirerek 3D teknolojileri üzerine yoğunlaşmıştır. Mimari ile paralel olarak düşünmüş olduğu bir çalışmada ipek böceklerini kullanarak 3D yazıcının zemini ve yapısal öğeleri oluşturarak yapıyı tamamlamalarını sağlamıştır. Bu durum tasarlanmış olan yapının birçok özelliğini hesaplanarak tamamlamıştır. “Bunlar; 6500 adet ipek böceğinin yapıya yerleştirilmeden önce 2 hafta beslenmesi, yapıya güneş açısının geliş yönüne göre yerleştirilmesi, belli ortam sıcaklığının sağlanması, ipek böceklerinin kaplayacağı alanın hesaplanması gibi koşulları kapsamaktadır. Bu tasarıma Oxman hesaplamalı tasarım demektedir. Bu tam olarak bilgisayar odaklı olmayan ipek böceklerinin doğası ile oluşturulmuş bir yapı durumundadır” (Oxman, 2021, August 24). İpek böcekleri tekstil alanında ipek lifi elde edilmesi için kullanılmaktadır. Bu durumda kozalar kaynar suya atılır ve yaşam döngüleri sona erer. Ancak Oxman bu tasarım fikri sayesinde hem birlikte yaşama hem de birlikte üretmeyi hiçbir kozaya zarar vermeden elde etmiştir.

Çalışmalarını doğada çözünebilir ve dönüştürülebilir malzemelerden seçen Oxman, yaşamın her alanını ve geleceği düşünerek tasarım fikirlerini ortaya koymuştur. Örneğin gezegenler arası seyahatlerde sürdürülebilir yaşamı destekleyebilecek kıyafetler, fiber malzemelerden oluşturduğu fiber robot ordusu bu tasarımlardan bazılarıdır.

Oxman’ın ekolojik yaklaşımı tasarımlarının ana eğilimi olmuştur. Kimi zaman malzemeyi en temel düzeyde üretilmesini sağlamış, kimi zaman ise malzemeyi elde ederek 3D yazıcıya uyumlu bir hale getirip tasarımını oluşturmuştur. Diğer tasarım malzemelerinden farklı olarak çalıştığı cam; geleneksel cam şekillendirme tekniklerinden 3D yazıcı ile şekillendirme tekniğine doğru evrilmiştir.

"Sistemde (A) İmalat sırasındaki yazıcıyı, (B) fırın kartuşunu, (C) pota fırını, (D) döküm ağızını, (1) potayı, (2) ısıtma elemanlarını, (3) döküm ağızını, (4) termokuplu , (5) çıkarılabilir beslenme kapağını, (6) kademeli motorları, (7) yazıcı çerçevesini, (8) baskılayıcı tavlacıyı, (9) seramik baskı plakasını, (10) aktarma organını, (11) seramik görüntüleme penceresini ve (12) yalıtım eteğini ifade etmektedir" (Oxman, 2015).

3D yazıcı mantığı ile stereolitografi tekniği malzemenin sıvı-akışkan durumu ile desteklenmelidir. Ancak cam malzemenin yazıcı çalışma prensibinde akışkan olması için yüksek sıcaklıklarda çalışılması gerekmektedir. Bu durum da bu tekniğin farklı bir sistem ile çalışmasını gerektirmektedir. Oxman; cam malzemenin geleneksel çizginin dışına stereolitografi tekniği ile çıkmasını sağlamıştır. Çalışmalarının temelini, tarih öncesinde insanların yaşamlarına devam edebilmek için malzemeyi yontarak işlevselleştirdiğini ancak kendi çalışmalarında bu işleyişi yontarak- çıkartarak değil ekleyerek oluşturulması fikrine dayatmaktadır. Eklemeli üretimde stereolitografi tekniğini cam malzeme ile 3D yazıcı sistemine dayalı bir hale getirmiştir. Cam yazıcı cam ile benzersiz bir dijital tasarım ortaya çıkarmaktadır. Sadece küçük ölçeklerde değil mimaride de kullanılabilir büyük ölçeklerde eklemeli bir üretim teknolojisine imkan tanımaktadır. Stereolitografi tekniğinin 3D yazıcılar ile cam üretim sisteminde dijital entegre bir termal kontrol sistemi vardır. Akış kontrolü, mekânsal doğruluk ve hassasiyet gibi teknik konuların çözümlenebildiği 30 kg'a kadar erimiş olan camın biriktirilmesiyle sürekli ve hızlı üretime imkân tanıyan bir sistemdir. Ayarlanabilir, öngörülebilir, mekanik ve optik özelliklere sahip 3D yazıcı ile baskı, silikat camın özelliklerine göre kullanılmakta ve sistem bu duruma göre yapılandırılarak üretim oluşturulmaktadır. Uygulanan teknoloji camı optik olarak 3D yazdırmaya yönelik olarak çalıştırılmaktadır. (Oxman, TED, 2015, November 13).

"Fırını pota aracılığıyla doldurmak için iki yöntem kullanılmıştır. İlk yöntemde cam külçeler potada ısıtılmış, 4 saatte 1165°C'ye çıkarılmış ve 2 saat sıcaklık sabit tutulmuştur. Bu aşamada döküm ağız alçak bir seviyede tutulmuştur. Üretimin önemli bir aşaması olarak ısı yaklaşık 800°C'nin altında olmaması gerekmektedir. Pota ve döküm ağız sıcaklıkları 1040 ve 1010°C'ye ayarlanmıştır. Cam akışı tipik olarak yerçekimi nedeniyle kendiliğinden başlamaktadır. Bu noktada viskozite kontrolünü sağlamak gerekmektedir. Akışın sonlandırılması için döküm ağız sıkıştırılıp soğutulması gerekmektedir. Platform, çift ısıtmalı hazne konseptine dayanmaktadır. Üst bölme fırın kartuşu görevi görürken, alt bölme yapıları tavlama yarar. Döküm ağız alümina- zirkonya- silikadan oluşturulmuştur" (Klein, Stern, Franchin, Kayser, Inamura, Dave, Weaver, Houk, Colombo, Yang, Oxman, 2015, s.95-97). Cam yazıcı, tasarımın bilgisayar ortamına aktarılması ve sistemin çalışması için uygun olan şartların sağlanmasıyla üretimini tamamlamaktadır. Oxman, cam nesnelerin tasarımını yaparken düz ve amorf yapıdaki formların da bu teknikte oluşturulabileceği fikrini çalışmalarlarıyla göstermiştir. Genel anlamda çalışmalarda renk kullanmayarak şeffaflığı daha ön plana çıkarmak istemiş ve bununla birlikte en doğal halini ele almıştır. Ekolojik olarak çalışmalarında bir gönderme konusu belirleyen sanatçı camın şeffaflığı, doğallığı ve etkileyciliğiyle cam ile ilgili olan bu özel durumu iletmektedir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu çalışma; 3D yazıcı ve stereolitografi tekniği ile cam malzemenin gelişimini aktarmaktadır. Cam yıllarca varlığını sürdürmüş, şekillendirme tekniklerinin gelişimi ve çeşitliliği ile sanatsal açıdan da ergonomik açıdan da var olmuştur. Teknoloji ile evrilen genel

kurallar camın şekillendirilmesini de başkalaştırmıştır. Yaşadığımız ortam teknolojinin ve camın gelişmişliğini farkında olarak ya da farkında olmadan bize sunmuş; kullanmış olduğumuz telefon ekranı, gözlük camları, internet ağının daha hızlı olması için kullanılan fiber kablolar vs. bu örneklerden bazılarıdır. Camın sanatsal olarak kullanımında, tasarımı sınırlayabilen teknik problemlerle karşılaşmaktadır. Sanatçı bu noktada gelişen teknolojinin değişen dönem dengeleriyle sanata yön vererek sanatın bugün ki noktaya ulaşmasına katkı sağlamıştır. Böylelikle sanatçının yaşadığı toplum içerisindeki birçok alanın gelişimi ile olan etkileşimi eserlerine yansımaktadır. Oxman'ın sunduğu sistem ile de birçok teknik çözümlenmiş, sıcak cam şekillendirme tekniğinde tasarımın uygulanmadığı teknik noktalar için de çözüm odaklı alternatif bir yol haline gelmiştir. Teknoloji; sanat disiplinlerini taşımış olduğu noktada, tasarımcının da farklı bakış açısı ile tekniklerini imkanlar ötesinde uygulamasına fırsat tanımıştır. Oxman erimiş olan camı, ısıya dayanıklı malzemelerden oluşan bir yazıcı ile birleştirmiş ve camın daha önce kullanılmayan bir teknikte şekillendirilmesine imkân tanımıştır. Oxman; imkânsız olarak gördüğümüz şeylerin teknoloji ve bilim sayesinde mantık çerçevesine oturtulabileceği örneğini sunmaktadır. Oxman yaşamında çalışmalarını doğal ve yapay arasındaki ilişkinin nasıl kurulduğuna ve doğanın insana tanıdığı olduğu ama fark etmediğimiz noktalar üzerinde durmaktadır. Çalışmalarında ekolojik bağlamda yıkmadan, yok etmeden, ekleyerek ve artırarak nasıl üretim yapılabilirliğini, dünyada birçok alan içinde kullanılan dijitalleşmeyi ve tüm bunların hepsinin nasıl mümkün kılınabileceğini vurgulamıştır.

"Hayatı yaşamanın iki yolu vardır. Birincisi, hiçbir şey mucize değilmiş gibi yaşamak. İkincisi ise her şey bir mucizeymiş gibi yaşamak."

Albert Einstein

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The author has no conflicts of interest to declare.

Funding: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Bayramoğlu, F. (1996). *Türk Cam sanatı ve Beykoz İşleri*. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M. C., ve ark. (2013). *Hızlı prototipleme Teknolojileri ve uygulama alanları*. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.
- Hakan Verdu Martınez, E., & Can, E. (2016). Bilgisayar Destekli Seramik Üretim yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar ve Günümüz Koşullarında Uygulama Örneği. *Anadolu Üniversitesi Sanat and Tasarım Dergisi*, 6(1), 1-14. [CrossRef]
- Hull, C. W. (2015). The birth of 3D printing. *Research-Technology Management*, 58(6), 25-30.
- Klein, J., Stern, M., Franchin, G. Kayser, M., Inamura, C., Dave, S., ... & Oxman, N. (2015). Optik olarak şeffaf camın katkı maddesi üretimi. *3D Baskı ve Eklemeli imalat*, 2(3), 92-105.
- Oxman, N. (2015). *Cam Yazıcının Başlangıçtan İtibaren Tavlama Noktasına Kadar Olan Evrimi*. Retrieved from <https://oxman.com/>. Erişim Tarihi: 11.04.2021.
- Oxman, N. (2015). *3D Cam Yazıcı Modelininin Şekilsel Anlatımı* (Resim). Retrieved from <https://oxman.com/>. Erişim Tarihi: 11.04.2021.

- Oxman, N. (2015). *3D Yazıcı Kullanılarak Üretilen nesnelere* (Resim). Retrieved from <https://oxman.com/>. Erişim Tarihi: 11.04.2021.
- Oxman, N. (2015). Teknoloji ve Biyolojinin Kesişiminde tasarım. *Transactions on Education Talks*. Retrieved from https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology?language=tr. Erişim Tarihi: 10.05.2021.
- Oxman, N. (2018). *İpek Çadır'a İpek Böceklerinin Yerleştirilmesi* (Resim). Retrieved from <https://www.media.mit.edu/projects/silk-pavilion/overview/>. Erişim Tarihi: 13.04.2021.
- Oxman, N. (2018). *Oxman'ın Fiber Malzemelerden Oluşturduğu Fiber robot ordusu* (Resim). Retrieved from <https://pldturkiye.com/neri-oxmanin-kendi-basina-mimari-yapilar-insa-eden-fiber-robot-ordusu/>. Erişim Tarihi: 11.04.2021.
- Oxman, N. (2018). *İpek Böceklerinin çadırı Oluşturması* (Resim). Retrieved from <https://www.media.mit.edu/projects/silk-pavilion/overview/>. Erişim Tarihi: 11.04.2021.
- Oxman, N. (2021). Built by silkworms | Neri Oxman's "Silk Pavilion II". *Artist Stories* (Video, YouTube).
- Shi, D. (2004). *Biomaterials and tissue engineering* (vol. 1). Media.
- Şişecam (2022). *Şişecam Tarihçe*. Retrieved from <https://www.sisecam.com.tr/tr/hakkimizda/tarihce>. Erişim Tarihi: 27.02.2023.
- Sönmez, S., Kesen, U., & Dalgıç, C. (2018). 3 Boyutlu Yazıcılar. 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu. İstanbul Üniversitesi.
- Turp, O. (2019). *Serbest Radikal Fotopolimerizasyon ile Halloysit İçeren Termoset Nanokompozitlerin Hazırlanması* (Yüksek Lisans Tezi). Yalova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uygan, O. (2016). *Yazıcıda 3D baskı Süreci* (Resim). Retrieved from <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/328221>. Erişim Tarihi: 13.04.2022.
- Uygan, O. (2016). *Heykel sanatında üç boyutlu baskı teknolojilerinin kullanımı* (Doctoral Dissertation). Anadolu University.
- Warnier, C., Verbruggen, D., Ehmann, S., & Klanten, R. (2014). *Printing things: Visions and essentials for 3D printing*. Gestalten.