

3 BOYUTLU BASKI YÖNTEMİYLE BİNA ÜRETİMİ

Ayşegül TERCİ*

Özet

3 boyutlu yazıcı teknolojisi ile üretim, çağımızı şekillendiren en önemli teknoloji adımlarından biridir. Makineleşmenin son noktası olarak; hiçbir birleşimde ne ek bir başka malzemenin kullanıldığı ne de insan elinin değdiği bir üretim olarak karşımıza çıkmaktadır. Otuz yıllık bir geçmişi olan bu üretim biçiminde akıllara gelen ilk plastik esaslı malzemelerle üretim yapılmasıydı. Bu teknolojinin gelişmesiyle birlikte polimerlerden, metallere ve hatta çimento esaslı malzemelere geçilmiş olundu. Çimento esaslı üretimle birlikte inşaat sektöründe de bu teknoloji kullanılmaya başlandı. Hızlı kuruyan beton ve özel malzemelerle birlikte artık konuttan, büroya kadar pek çok yapının bu teknolojiyle üretilebildiğini görmekteyiz. Bu yazı kapsamında bu üretim teknolojisinin inşaat sektöründe gelişimi ve sektöre olan katkılarına değinilecektir.

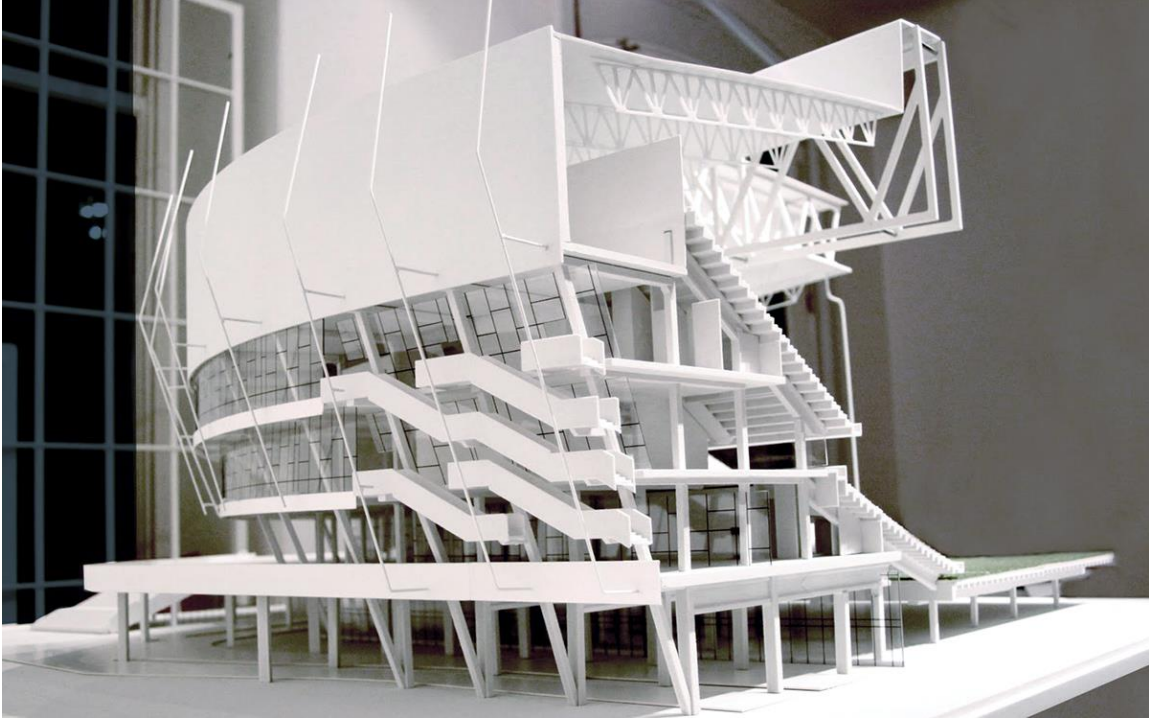
1.GİRİŞ

Tüketim çağı olarak adlandırılan yaşadığımız şu dönemde, hızlı ve fazla üretimin tamamen makinelerle yapılmasının hedeflendiği noktada, üç boyutlu üretim teknolojisi, var olan üretim sistemlerini tamamen sarsan bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. 3 boyutlu üretim ya da diğer adıyla katısal üretim, bilgisayar ortamında hazırlanmış 3 boyutlu herhangi formdaki tasarımın bir yazıcı marifetiyle hızlı bir biçimde katı nesneye dönüştürülmesi teknolojisidir. Bu öncü teknoloji sayesinde tasarım aşamasında pek çok yenilik gelmesiyle birlikte, prototip oluşturmada ve seri üretimde inanılmaz bir hız kazanılmış olundu.

Bilgisayar ortamında hazırlanmış modeller herhangi alışılmış birleşim metodu kullanılmadan, katmanlar halinde 3 boyutlu olarak yazıcılar yardımıyla objelere dönüştürülmektedir. 3 boyutlu tasarım programlarında tasarlanan nesnelerin, kullanılacak yazıcıların ve malzemelerin kapasiteleri doğrultusunda yazılım programlarıyla belli katmanlara ayrılması sağlanmaktadır ve bu katmanlar birbirlerine kendi içerikleri sayesinde birleşmektedirler. Birçok türdeki malzemeyle 3 boyutlu üretim yapılmaktadır ancak yaygın olarak kullanılan ham madde sert plastiklerdir. Bu noktada öncelikli kullanım yeri de havacılık ve biyomedikal alanıdır.

Anahtar Kelimeler: 3 boyutlu baskı, inşaat sektörü,

* Yrd. Doç. Dr., KTO Karatay Üniversitesi. Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümü



Şekil 1.1 3 boyutlu üretilmiş bina modeli (Web Adresi 1)

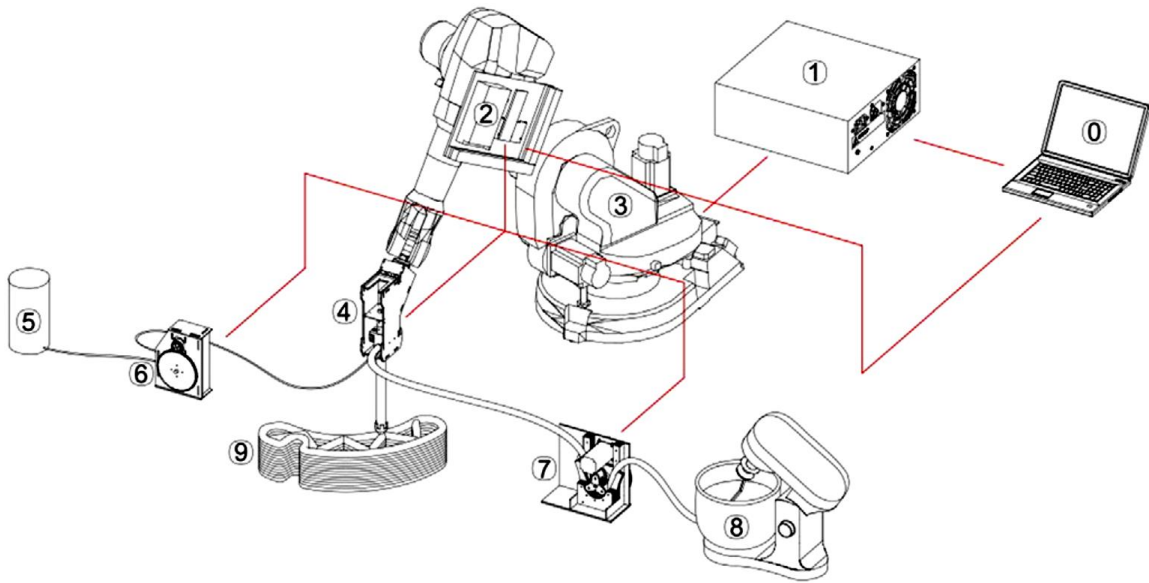
3 boyutlu yazıcılar, 3 boyutlu tasarım programlarının kullanılması sonucunda üretilen modellerle kullanıma girdi ve bunun yanında 3 boyutlu tarayıcılarla taranarak bilgisayar ortamına alınan modellerin yeniden ya da farklı ölçekte üretilmesinde de kullanıldı. Bu noktada mimarlık camiasında bu konunun paralelinde üçüncü boyutta tasarım ve bilgisayar destekli tasarımda üstünde durulan konulardan oldu. Bu da mekânsal ve hacimsel düşünmeye önemli bir algı boyutu katmasıyla birlikte tüm detayların da dikkatli değerlendirilmesini getirmiştir. Tabi ki bu tasarımların sanal ortama taşınması da bilgisayar teknolojisinde belli bir bilgi birikimini gerektirmektedir. Sanal ortamda 3 boyutlu modelleme bu çağın gençlerinin eğitiminde temel unsurlardan biri haline almıştır. Mimarlıkta bu teknolojinin kullanımlarından biri de, Şekil 1.1’de görüldüğü gibi prototip üretimi dediğimiz mimari maket üretiminde inanılmaz bir hız ve işçilik açısından mükemmellik kazanılmıştır.

Mimarlık alanına öğrenim açısından önemli ve hızlı bir giriş yapmasının yanında bu teknoloji, uzayda kolonileşme ve yapılaşmanın projelerinin oluşturulduğu günümüzde 3 boyutlu yazıcılarla mimarlık daha doğrusu tüm inşaat sektörünü değişime uğratacak teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Mimari model olmaktan gerçek ölçekli yapı olarak ilk 2008 yılında başlayan plastik esaslı malzemelerle kabuk tasarımlarına başlandı fakat bu teknolojinin asıl boyut atladığı nokta çimento esaslı malzemelerle üretime geçilmesiyle oldu.

2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 3 BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

3 boyutlu baskı teknolojisi ilk olarak, 1984 yılında Charles Hull tarafından sayısal bilgi kullanarak 3 boyutlu küçük obje üretiminde kullanılmaya başlandığında, bu üretimde yüksek maliyetli malzemeler kullanılıyordu. Fakat son on yılda tasarım, inşaat ve mimarlık alanında da bu teknolojinin kullanılması ile birlikte polimerlerden, metallere ve hatta çimento katkıli bağlayıcılara kadar pek çok malzemeyle bu üretim şekli kullanılmaya başlandı. Özellikle çimento esaslı bağlayıcı malzemelerinin de bu üretim sürecinde kullanılmasıyla birlikte bina üretimi ve kabuk tasarımı başka bir boyut kazandı.

İlk çimento esaslı katkısız üretim ara bir süreç olarak başladı; klasik çimento toz tabakası ile püskürtmeli başlıklı 3 boyutlu yazıcılarla FDM (Fused deposition modeling) birleştirmeli yığma modellemesi ile yapıldı yani yapıştırıcı kum katmanları Portland çimento hamuru ile tutturulmasıyla oluşturuldu. Bu üretim teknolojisi büyük ölçekteki yapı uygulamaları olarak çeşitli öncü projelerde kullanıldı. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere, Countour Crafting Project olarak bilinen bilgisayarlı inşaat projesi, büyük elemanların üretiminde robotik kollar ve ekstrüzyon püskürtmeyle, bilgisayar kontrollü bir kızak sisteminin ileri geri ağzının hareket etmesiyle katmanların şekli oluşturmasına dayanmaktadır. Fakat kalıp içindeki betonun kesintiye uğramış sıralı dökümü, hidrostatik basınç ve güçlendirilmiş çimentonun zayıf mekanik özellikleri nedeniyle tabakalar arasında zayıf arayüzey bölgelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu ilk projeden sonra malzeme katkılarının gelişmesiyle birlikte daha iyi bağlayıcılarla birlikte proje geliştirildi fakat bununla birlikte maliyetlerde de ciddi bir artış oldu.



Şekil 2.1 Çimento esaslı malzemeler kullanarak 3d yazıcıyla üretim bandı (Web Adresi 2)



Şekil 2.2 Casa Ferreri binası fotoğrafı (Web Adresi 3)

Bu üretimde bir sonraki önemli adım ise D-Shape projesi ile birlikte geldi. D-Shape teknolojisi oluşturulan 3 boyutlu yazıcı ile kumun magnezyum bazlı bir bağlayıcı ve inorganik deniz suyu ile püskürtmeli tabaka baskı sistemiyle taş benzeri objelerin oluşturulmasını içermektedir. 2008 yılında bu teknoloji ile tam ölçekli binalar oluşturulmaya başlandı. Bu proje kapsamında Triennale Milano'nun isteği üzerine Enrico Dini tarafından tek bir seferde üretilen bina projesi Casa Ferreri'dir. Şekil 2.2'de görüldüğü üzere 3 hafta süren üretim aşamasında 2.4m*4m'lik banyo, mutfak ve yatak odasından oluşan konut projesi dört duvar ve çatısının bir seferinde dökülmesiyle oluşturuldu.

Bu önemli aşamadan sonra yüksek performanslı beton uygulamaları ile hem genel inşaat maliyetinde ve işçilik maliyetlerinde azalma hem de sürede ciddi bir azalma sağlanmış oldu. 3 boyutlu üretim teknolojisinde bir başka önemli gelişme de 150 metre uzunluğunda, 10 metre genişliğinde ve 6 metre derinliğinde devasa 3D yazıcılar kullanarak 200m²'lik 10 adet konutun Çinli bir firma tarafından 24 saate üretilmesidir. Maliyeti 5000 dolardan az olan bu evlerin yapımında, inşaat malzemesi atıkları ve endüstriyel atıklardan oluşan bir karışım ile önceden 3 boyutlu yazıcılarla üretilen elemanların yapım sahasında birleştirilmesi yöntemi kullanıldı. Firma bu teknoloji ile yapı malzemelerinden %30 ile %60 oranında tasarruf edilebileceğini, üretim sürecini %50'den %70'e kadar bir azalma sağlanabileceğini ve



Şekil 2.3. 3 boyutlu baskı teknolojisiyle üretilmiş 5 katlı apartman projesi (Web Adresi 4)

bununla birlikte işçi maliyetinde %50 ile %80 arasında azalma sağlanabileceğini belirtmektedir. Aynı Çinli firma tarafından 1100 m²'lik iki katlı villa ve Şekil 2.3'de görülen 5 katlı bir apartman projesi de 2016 yılında üretildi.

Bunun yanında 3 boyutlu yazıcı teknolojisi ile birlikte çok farklı bina kabuk tasarımlarının da gerçekleştirilmesine olanak doğdu. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi bilinen kabuk elemanlarına benzemeyen kabuk tasarımları ile sıcak iklimlerde oluşan çok yüksek sıcaklığı termal kütle olarak absorblayabilecek ve ses yalıtımı sağlayan duvar “Involute Wall - Girift Duvar” tasarımı üretildi. Bunun yanında yine “Cool Brick-Soğuk Tuğla” olarak bilinen 3 boyutlu malzeme tasarımı; sünger şeklinde üretilmiş seramik malzeme ile atmosferdeki su buharının gözeneklerde tutulması sağlanarak buharlaşmalı soğutmaya yardımcı bir kabuk malzemesi geliştirildi. Yine 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş “Quake Column-Sarsıntı Kolon” u adındaki yapı elemanı ile depreme dayanıklı sarsıntıları karşılayan bildiğimiz harçlı bağlantısı olmayan kolon üretildi. İnce strüktürlerine benzeyen birbirine geçen taş tasarımıyla salınım frekansını ve gerilim derişim noktalarının kaybolması sağlanmıştır.



Şekil 2.4. a) Involute Wall - Girift Duvar b) "Cool Brick-Soğuk Tuğla" c) "Quake Column-Sarsıntı Kolon" (Web Adresi 5)

3. ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİSİNİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMININ GELECEĞİ

Singapore da otoriteler 3 boyutlu yazıcılarla üretilmiş bir yerleşke inşa etmeyi planladıklarını duyurdular. Bu sayede yerleşkeye ait tüm inşaat işlerinin ya önceden 3 boyutlu yazıcılarla üretilmiş yapı elemanları ya da yerinde bu teknolojinin direkt kullanılması ile minimum malzeme ve maliyetle üretilmesi planlanmaktadır. Bu teknikle üretilmiş en büyük Dünya üzerindeki inşaat sahası olacaktır ama bu üretim teknolojisi sadece Dünyada kullanılması planlanmamaktadır.



Şekil 3.1. 3 boyutlu yazılım teknolojisi ile oluşturulan ayda yerleşke tasarımı (Web Adresi 6)

İnsansız bina üretiminde geline bu önemli aşama sayesinde 3 boyutlu baskı teknolojisinin uzayda yapım işlerinde kullanılması düşünülmektedir. Bu teknoloji ile Şekil 3.1’de görüldüğü gibi Ayda kolonileşme projesinin inşa aşamasına ve kabuk tasarımına önemli çözüm getirilmesi düşünülmektedir. Ay yüzeyinde bulunan malzemelerin kullanılması ile oluşturulacak karışımla elde edilecek malzeme ile oluşturulması düşünülen tasarımda insanoğlunun yaşayabileceği çevrenin ay yüzeyinin altında yapılması planlanmaktadır. Bu kolonileşme tasarımında strüktür yükleri yerçekimi, ay sarsıntıları ve termoelastik yükler olarak belirlenmiştir.3 boyutlu baskı teknolojisi yöntemiyle ayda üretilen kabuğun yine bu yüklerle dayanım sağlaması için ay yüzeyindeki toprakla örtülmesi düşünülmektedir. Bunun dışında yine kabuk tasarımında çok katmanlı hücrelerden oluşan bir tasarım düşünülmektedir. 3 boyutlu yazıcı teknolojisi insan eliyle üretimde ve birleşim detaylarının yapımında zorlanıldığı pek çok projede bir çözüm önerisi olarak artık daha çok karşımıza gelecek ve teknolojinin ucuzlaması ile birlikte inşaat sektöründe daha da yaygın kullanılarak seri üretime yeni bir soluk verecektir.

Şekil 1.1 3 boyutlu üretilmiş bina modeli (Web Adresi 1)

<http://www.iprint-3d.com.au/architec/>

Şekil 2.1 Çimento esaslı malzemeler kullanarak 3d yazıcıyla üretim bandı

C. Gosselina, b, R. Duballeta, b, Ph. Rouxa, b, N. Gaudillièrea, b, J. Dirrenberger, “Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete – a new processing route for architects and builders”, Materials & Design, Volume 100, 15 June 2016, Pages 102–109

Şekil 2.2 Casa Ferreri binası fotoğrafı (Web Adresi 3)

<http://d-shape.com/portfolio-item/casa-ferreri/>

Şekil 2.3. 3 boyutlu baskı teknolojisiyle üretilmiş 5 katlı apartman projesi (Web Adresi 4)

<http://www.3ders.org/articles/20150118-winsun-builds-world-first-3d-printed-villa-and-tallest-3d-printed-building-in-china.html>

Şekil 2.4. Involute Wall - Girift Duvar(Web Adresi 5)

<https://www.newscientist.com/article/2062901-3d-printing-earthquake-proof-towns-brick-by-brick/>

Şekil 3.1. 3 boyutlu yazılım teknolojisi ile oluşturulan ayda yerleşke tasarımı (Web Adresi 6)

http://www.esa.int/Highlights/Lunar_3D_printing