

Bilgisayar Destekli Tasarım Programı Rhinoceros ile Ses Dosyalarının Forma Dönüştürülmesi

Converting Audio Files to Form with Computer Aided Design Program Rhinoceros

Merve Nil KÜÇÜKERBAŞ¹

Araştırma Makalesi/ Research Article

Geliş Tarihi / Received: 11.10.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 26.10.2021

Doi: 10.48146/odusobiad.994274

Atıf/Citation: Küçükerbaş, M. N., (2021) "Bilgisayar Destekli Tasarım Programı Rhinoceros ile Ses Dosyalarının Forma Dönüştürülmesi" *ODÜSOBİAD* 11(3), 817-836, Doi: 10.48146/odusobiad.994274

Öz

Üç boyutlu yazıcılar 1970'li yılların başında keşfedildikleri günden beri teknolojik gelişmelerini sürdürmektedirler. Bu gelişim üç boyutlu yazıcılara her geçen gün yeni kullanım alanları açmaktadır. Günümüzde pek çok farklı alanda üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin sağladığı avantajlardan yararlanılmaktadır. Kullanıldıkları her alanda yenilikler yaratmayı mümkün kılan üç boyutlu yazıcılar sanat ve tasarım alanında da kullanımını her geçen gün sağlamlaştırmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım programları da üç boyutlu yazıcı teknolojilerine paralel olarak gelişim göstermektedir. Bu iki teknolojinin hızla ilerleyişi sanat ve tasarım alanına yenilikçi bir bakış açısı getirmektedir. Bilgisayar destekli tasarım programları ve üç boyutlu yazıcı teknolojileri birbirine doğrudan bağlantılıdır. Üç boyutlu yazıcılar ile üretim yapabilmenin ilk kuralı, üretilmek istenen modelin bilgisayar destekli tasarım programlarından (CAD: Conmputer Aided Design) biriyle tasarlanmasıdır. Bu alanda en sık kullanılan bilgisayar destekli tasarım programlarından bazıları AutoCAD, Autodesk 3Ds Max, Solidworks, Maya ve Rhinoceros gibi programlardır. Bu bilgisayar destekli tasarım programlarının her biri kullanıcıya farklı avantajlar sağlamaktadır. Bu makalede, bilgisayar destekli tasarım programı Rhinoceros'un Grasshopper eklentisinin Firefly uzantısı kullanılarak ses dosyalarının bilgisayar ortamına kaydedilmesi anlatılmaktadır. Çalışmalar sonucunda kaydedilen ses dosyaları Rhinoceros programında yüzeye dönüştürülmüş ve ilgili bulgular okuyucuya aktarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üç boyutlu yazıcı, Bilgisayar destekli tasarım, Yeni nesil seramik, Ses, Form.

Abstract

Three-dimensional printers have continued their technological development since they were discovered in the early 1970s. This development opens up new areas of use for three-dimensional printers every day. Today, the advantages of three-dimensional printer technologies are used in many different areas. Three-dimensional printers, which make it possible to create innovations in every field they are used, are strengthening their use in the field of art and design day by day. Computer-aided design programs are also developing in parallel with three-dimensional printer technologies. The rapid progress of these two technologies brings an innovative perspective to the field of art and design. Computer-aided design programs and three-dimensional printer technologies are directly linked to each other. The first rule of production with three-dimensional printers is to design the desired model with one of the computer-aided design programs (CAD: Conmputer Aided Design). Some of the most frequently used computer aided design programs in this field are programs such as AutoCAD, Autodesk 3Ds Max, Solidwords, Maya and Rhinoceros. Each of these computer aided design programs provides different advantages to its users. This article describes the recording of audio files over computer media using the Firefly extension of the Grasshopper plug-in of the computer aided design program Rhinoceros. As a result of the studies, the recorded sound files were converted to the surface in the Rhinoceros program and the relevant findings were transferred to the reader.

Keywords: Three dimensional printer, Computer aided design, New generation ceramics, Sound, Form.

¹ Sanatta Yeterlilik Mezunu, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü, İzmir, e-mail: nilkucukerbas@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3051-5489



Giriş

Üç boyutlu yazıcılar bilgisayar destekli tasarım programları aracılığıyla tasarlanmış formları veya üç boyutlu tarayıcılar ile taranmış hazır nesnelere üretmek için kullanılan makinalardır. Üç boyutlu yazıcıların çalışma prensipleri genellikle eklemeli üretim sistemine dayanır. Yazıcılar üretimde kullanılacak olan sarf malzemesini üst üste ekleyerek, üretilmek istenilen formu oluştururlar. Üç boyutlu yazıcılarla üretim alanında kullanılabilecek sarf malzemeleri camdan çikolataya, seramikten gerçek insan hücrelerine kadar farklılık göstermektedir (Demirbaş & Arlı, 2017, s. 2). Günümüzde hemen hemen her alanda kullanılmakta olan bilgisayar destekli tasarım programları ve üç boyutlu yazıcı teknolojileri kullanıcılarına farklı malzemelerle çalışma imkânı sunmalarının yanı sıra, ölçekli ve hızlı bir üretim süreci sağlarlar (Aslan, 2017, s. 2).

Bilgisayarlar, bilişim teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak zaman içinde tasarım ve üretim sürecinin hemen hemen her aşamasında kullanılmıştır. Başlangıçta, bilgisayar destekli tasarım (CAD- Computer Aided Design) ve bilgisayar destekli üretim (CAM- Computer Aided Manufacturing) ile endüstriyel üretim sürecine dahil olan bilgisayarlar, gelişen teknoloji ile birlikte üretim ile tasarım arasındaki bağlantıyı sağlamak ve üretim aşamalarını planlamak gibi alanlarda da aktif rol almaya başlamıştır (Demirel & Karaağaç, 2014, s. 51).

Üç boyutlu yazıcılar ile üretimin ilk aşaması, üretilmek istenen formun bilgisayar destekli tasarım programlarından biriyle tasarlanmış olmasıdır. Bilgisayar destekli tasarım programları; üretilmek istenilen formların koordinatsal veya matematiksel ifadeler yardımıyla hacimsel bir şekilde ifade edilmesini sağlarlar. Günümüzde bilgisayar destekli tasarım programlarının neredeyse tamamı üç boyutlu yazıcılara yönelik güncellemelerini yapmakta ve kullanıcılarına gerekli ara yüzler sunmaktadır (Aslan, 2017, s. 54).

Sarf malzemesi olarak, seramik malzeme kullanarak üretim yapabilen üç boyutlu yazıcı teknolojileri üçe ayrılmaktadır. Bunlar; seçici lazer sinterleme teknolojisi (Selective Laser Sintering -SLS), harç yığıma teknolojisi (Fused Deposition Modeling -FDM) ve yapıştırıcıyla toz bağlama teknolojisi (Inkjet Powder Printing) olarak sınıflandırılabilir. Seramik malzemeyle çalışan üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin her biri kendi içinde avantajlar ve dezavantajlar barındırmaktadır. Üretim aşamasında bu üretim teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları ayrı ayrı göz önünde bulundurularak, baskısı alınacak olan formun tasarımına en uygun olan teknoloji seçilmelidir. (Küçükerbaş, 2019, s. 1).

Üretim aşamasında kullanılmak istenilen üç boyutlu yazıcıların çalışma prensiplerine uygun şekilde tasarlanan formların sonraki aşamada bilgisayar destekli üretim (CAM: Computer Aided Manufacturing) yazılımlarıyla tekrar gözden geçirilerek baskıya hazır hale getirilmesi ve yazıcının algılayabileceği bir dilde yeniden kodlanması gerekir.

Tasarımı tamamlanan formlar öncelikle hızlı prototipleme uygulamaları için geliştirilmiş bir dosya formatı olan STL (Stereolithography) formatında kaydedilmelidir. Sonraki adımda bu formlar Slic3r gibi bir takım dilimleyici yazılımlar ile katmanlarına ayrılmalı ve yazıcının anlayacağı tek dil olan G-code formatına dönüştürülerek kaydedilmelidir. Tüm bu aşamalardan sonra tasarımlar üç boyutlu yazıcıyla üretime hazır hale gelmiş olur.

Bu çalışmada; üretilmek istenilen formun yapısı göz önünde bulundurularak üretim aşamasında harç yığıma teknolojisi ile çalışan delta tipi bir üç boyutlu seramik yazıcı kullanılmıştır.

Grasshopper Eklentisi

Grasshopper, bir bilgisayar destekli tasarım programı olan Rhinoceros 'un üzerinde çalışan bir eklentidir. Grasshopper eklentisi genelde gerçek zamanlı parametrik modelleme ve algoritmik form araştırmaları için kullanılır.

Rhinoceros programında; eğriler, noktalar, yüzeyler ve bunların birleştirilmesiyle oluşturulan katı yüzeyler ile modelleme yapılırken, Grasshopper eklentisi ile modelleme prensibinin temelinde veri akış diyagramları yatar. Veri akış diyagramları (dataflow diagrams) geometrik nesnelere, koordinatlar

ve sayılar gibi verilerin komutlar arasındaki akış yönünü gösteren diyagramlardır. Bu tür diyagramlarla amaçlanan; modelleme sürecinde, veri akış diyagramına eklenen her işlemin sonucunu birbirine bağlayarak birbiriyle ilişkili yapılar elde etmektir. Veri akış diyagramlarında kabul edilen dil; verinin bir komutun sol tarafından işleme sokulması ve komuttan elde edilen sonucun komutun sağ tarafından tasarım sürecine katılmasıdır. Bu sebeple veri akış diyagramları soldan sağa yazılır ve okunurlar (Yazar & Uysal, 2016, s. 3-5).

Grasshopper eklentisinin ana ekranı, menü çubuğu, bileşen sekmeleri ve panelleri, kanvas araç çubuğu, kanvas gibi bölümlerden oluşur. Menü çubuğunda, Grasshopper'ın çalışma sistemiyle ilgili genel ayarlar bulunmaktadır. Kanvas çubuğundan ise veri akış diyagramı oluşturma esnasında sıkça kullanılan, görüntüyü yakınlaştırma, görüntü ayarlarını değiştirme ve dosya kaydetme gibi işlemler yapılabilir. Grasshopper'ın ana ekranı üzerinde, menü ve kanvas çubuklarının hemen altındaki boş ekran alanına ise kanvas ismi verilir. Kanvas, veri akış diyagramlarını oluşturacak bileşenlerin bir araya getirilerek birbirine bağlanacağı boş alandır. Sekmeler ve paneller alanı Grasshopper'ın kapsadığı tüm bileşenlerin guruplara ayrılarak yerleştirildiği menü alanı olarak tanımlanabilir. Bu alanda bulunan sekmelerin içindeki paneller, sekmelerin üzerine gelinip farenin sol tuşuyla tıkladığında görünür hale gelirler. Panellerin üzerlerine gelinip yine farenin sol tuşuyla tıkladığında ise panellerin içerdikleri bileşenler açık bir şekilde görüntülenebilir. Bileşenlerin üzerinde farenin imleci biraz bekletildiğinde, bileşenin adına ve kısa açıklamasına erişilebilmesi mümkündür. Bunun yanı sıra, veri akış diyagramlarını oluştururken kullanılmak istenilen bileşenlere, kanvas üzerindeki herhangi bir boş alanda farenin sol tuşuna çift tıkladığında açılan bileşen arama kutucuğu üzerinden de erişilebilir. Bu teknikle açılan bileşen arama kutucuğuna, kullanılmak istenilen bileşenin adı yazılarak aranılan bileşene kolayca ulaşmak mümkündür. Sol tıkla seçilen bileşenler yine sol tıkla kanvasa yerleştirilerek birbirine bağlanır (Yazar & Uysal, 2016, s. 9-10)

Veri akış diyagramları oluşturulduktan ve nihai tasarıma ulaşıldıktan sonra, oluşturulan dosyaların hem Grasshopper hem de Rhinoceros üzerinden ayrı ayrı kaydedilmesi gerekmektedir. Hem Grasshopper uzantısı hem de Rhinoceros programı sadece kendilerine ait objeleri ve verileri kaydederler. Yani Rhinoceros programı veri akış diyagramlarını, Grasshopper uzantısı ise Rhinoceros ana ekranında oluşmuş olan objeleri kendi bünyesine kaydetmez. Tasarımı tamamlanmış olan dosyaların her iki program üzerinde de kaydedilmiş olması, gerektiğinde çalışmaya kalındığı yerden devam edilip tasarım üzerinde birtakım değişiklikler yapılmasına olanak sağlar (Yazar & Uysal, 2016, s. 27).

Veri akış diyagramıyla geliştirilen modeller üzerindeki verilerle oynanarak hızla yeni alternatifler üretilebilir veya diyagramdaki komutlar ve bağlantılar arasında değişiklikler yapıp farklı geometrik ilişkiler kurulabilir. Tüm bu özellikleri sebebiyle Grasshopper eklentisi aracılığı ile veri akış diyagramları üzerinden modelleme yapmak her geçen gün daha da popülerleşmekte ve kullanım yaygınlığını arttırmaktadır (Yazar & Uysal, 2016, s. 3-5).

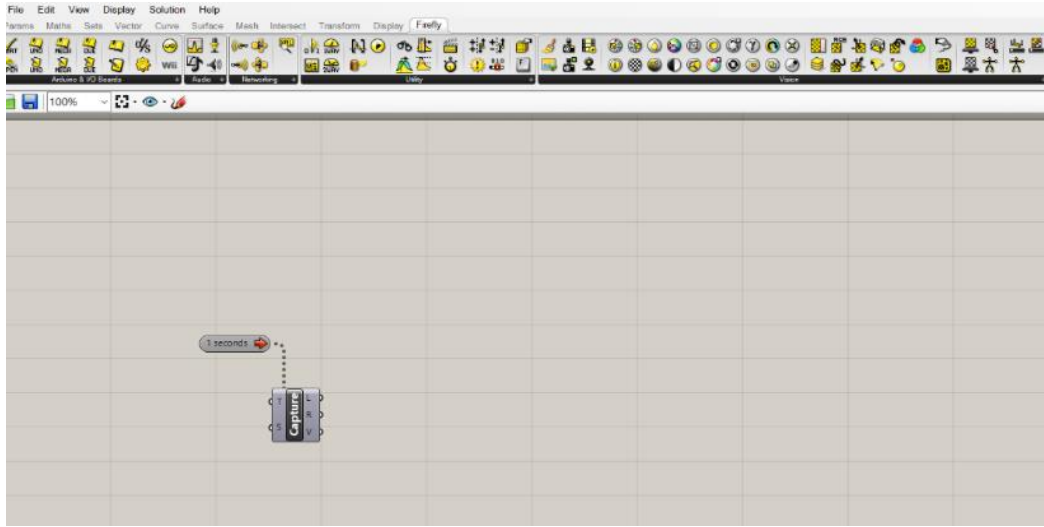
Firefly Uzantısı Kullanılarak Bilgisayar Ortamları Üzerinden Yakalanan Ses Dosyalarının Veri Olarak Kaydedilmesini Sağlayacak Veri Akış Diyagramının Çizim Aşamaları

Grasshopper eklentisine bağlı olarak çalışan Firefly uzantısı; veri akış diyagramlarını zenginleştirmek için kullanılan birtakım yazılımlar içeren bir araç seti olarak tanımlanabilir. Firefly uzantısı, bilgisayardaki klavye mikrofon ve ekran gibi ortamlar aracılığıyla okunan sayısal verilerin Grasshopper üzerinden anlık olarak Rhinoceros ekranına yansıtılarak kullanılabilmesini sağlamaktadır. Bu uzantı kurulu olduğu bilgisayarda bulunan tüm bu aygıtların (klavye, mikrofon, vb.) haricinde farklı sensörler ile de iletişim kurabilmektedir.

Bilgisayara bağlı bulunan klavye mikrofon ve web kamerası gibi öğelerle iletişime geçip ses ve görüntü gibi öğeleri dijital verilere dönüştürebilen Firefly uzantısının bu özellikleri tasarım açısından pek çok şekilde kullanılıp değerlendirilebilmektedir.

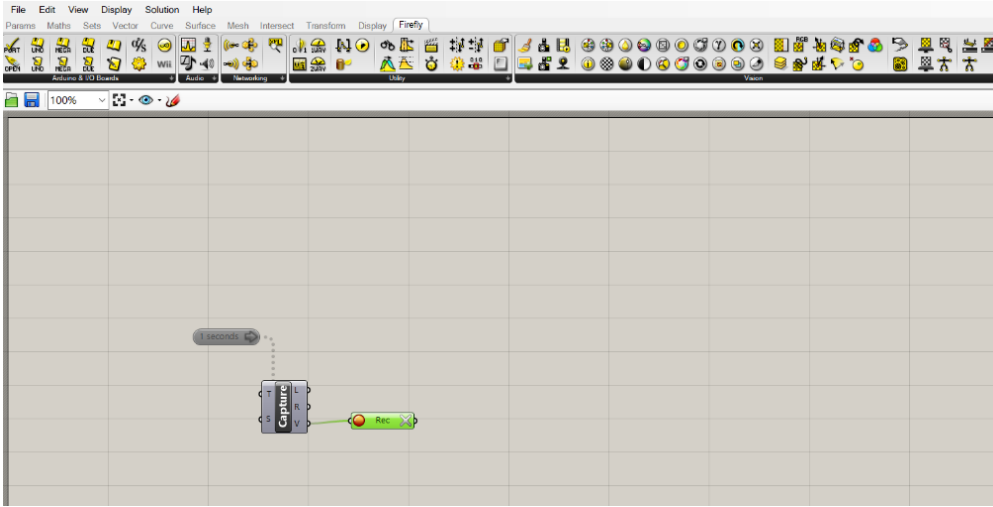
Bu başlık altında; dış ortamdan yakalanan anlık ses verilerinin Rhinoceros ekranı üzerinde kaydedilmesini sağlayacak olan veri akış diyagramının oluşturulması aşamasında izlenmesi gereken yol ve diyagrama eklenmesi gereken bileşenler sırasıyla ve ayrıntılı bir şekilde aktarılmıştır.

Firefly'n bilgisayar mikrofonu sayesinde sesi yakalayıp belirli bir süre aralığında kaydederek bir dijital veri olarak Rhinoceros ekranına yansıtmasını sağlamak için öncelikle audio başlıklı sekmesindeki ses ile ilgili bileşenler incelenmelidir. Bu sekmenin içinde bulunan ses yakalama (sound capture) bileşeni bilgisayardan alınan ses verilerini sayısallaştıran bileşendir. Grasshopper ekranı üzerinde oluşturulan veri akış diyagramına eklenecek ilk bileşen ses yakalama (sound capture) bileşenidir. Sonraki aşamada ses yakalama (sound capture) bileşenine yakaladığı ses verilerini sürekli olarak güncellemesini sağlayacak bir zamanlayıcı (timer) eklenmelidir (Yazar & Uysal, 2016, s. 260-261) **(Görsel 1)**. Zamanlayıcı bileşeni 20 mili saniyeden 10 saniyeye kadar değişen farklı zaman aralıklarında ayarlanabilmekte bu özelliği sayesinde kullanıcılarına en uygun zaman aralığını seçme imkânı sunmaktadır. Zamanlayıcı bileşeni 20 mili saniyeye ayarlandığında daha kısa süreli ama daha detaylı ses kaydı sağlanabilmekteyken saniye aralığı arttıkça kayıt süresinin uzadığı ama buna karşılık detayların azaldığı görülmektedir.



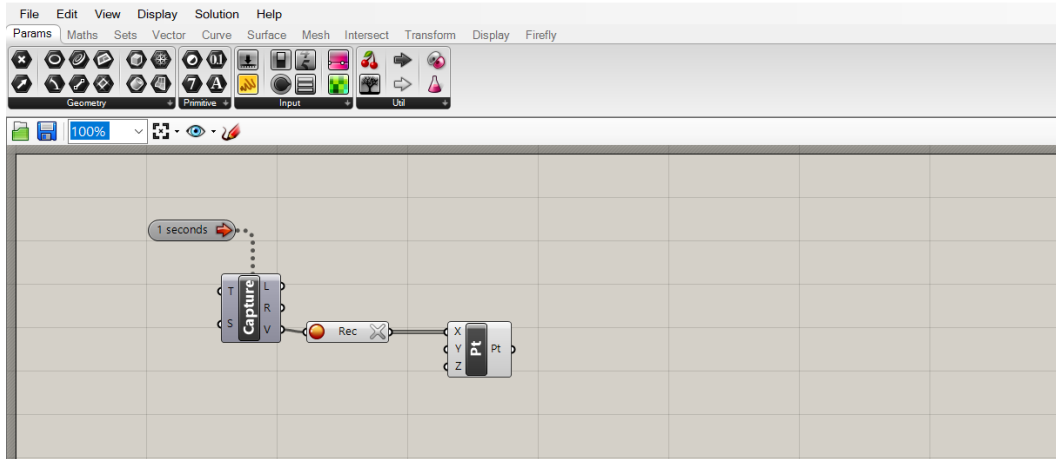
Görsel 1. Grasshopper eklentisi üzerinde ses yakalama bileşenine zamanlayıcı bileşeninin bağlanması.

İkinci adımda veri akış diyagramına, dış ortamdan bilgisayar aracılığı ile alınan ses verilerinin, seçtiğiniz saniye aralığında güncellenerek kaydedilebilmesini sağlayacak olan bir veri kaydedici (data recorder) bileşeni eklenmelidir. Veri kaydedici (data recorder) bileşeni, veri akış diyagramında sesi yakalayacak olan ses yakalama (sound capture) bileşeninin ses çıkış ünitesine bağlanmalıdır (Yazar & Uysal, 2016, s. 261) **(Görsel 2)**.



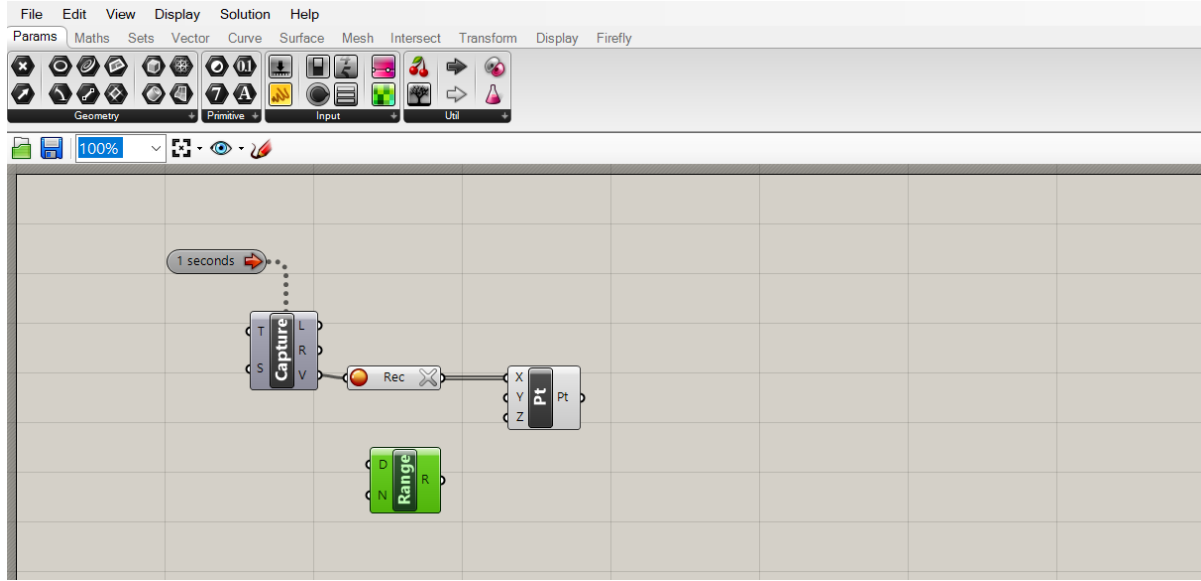
Görsel 2. Grasshopper eklentisi üzerinde ses yakalama bileşenine veri kaydedici (data recorder) bileşeninin bağlanması.

Üçüncü aşama, kaydedilecek olan ses verilerinin koordinat sisteminde noktalara dönüştürülmesi aşaması olarak tanımlanabilir. Bu noktada construct point (pt) bileşeni devreye girmektedir. Koordinat verilerini noktalara dönüştürmek amacıyla kullanılmakta olan bu bileşen kelime anlamı olarak nokta çizmek, inşa etmek anlamına gelmektedir (Yazar & Uysal, 2016, s. 77). Bilgisayardan alınan ses verilerini kaydeden veri kaydedici (data recorder) bileşenine bağlanan nokta çizme (construct point) bileşeni buradan aldığı verileri noktalara dönüştürür. Bu makaledeki örnek tasarım için oluşturmak istenilen veri akış diyagramında veri kaydedici (data recorder) bileşeni, nokta çizme (construct point) bileşeninin x koordinatına bağlanmıştır (Yazar & Uysal, 2016, s. 261) (**Görsel 3**). Nokta çizme (construct point) bileşeni, tasarımcının tercihine göre veri kaydedici (data recorder) bileşeninin y veya z koordinatına da bağlanabilir. Böyle bir durumda, koordinat sistemi üzerinde elde edilecek olan noktalar seçilen bağlama ekseninde oluşmaya başlayacaktır.



Görsel 3. Grasshopper eklentisi üzerinde veri kaydedici (data recorder) bileşenine nokta çizme (construct point) bileşeninin bağlanması.

Bilgisayarın mikrofonundan elde edilen ses verilerinin Rhinoceros ekranındaki koordinat sisteminde çizgisel bir hale gelip kaydedilmesini sağlayacak olan veri akış diyagramının oluşturulması aşamasında karar verilmesi gereken bir diğer önemli unsur ise koordinat sistemi üzerinde kaydedilmek istenilen noktaların sıklığını ve sayısını belirlemek olacaktır. Bunun için diyagrama aralık (range) bileşeni eklenmelidir. Bu bileşen, Rhinoceros ana ekranındaki koordinat sistemi üzerinde oluşturulmak istenilen çizgi veya form için sayı aralıkları atanmasını sağlar (**Görsel 4**).



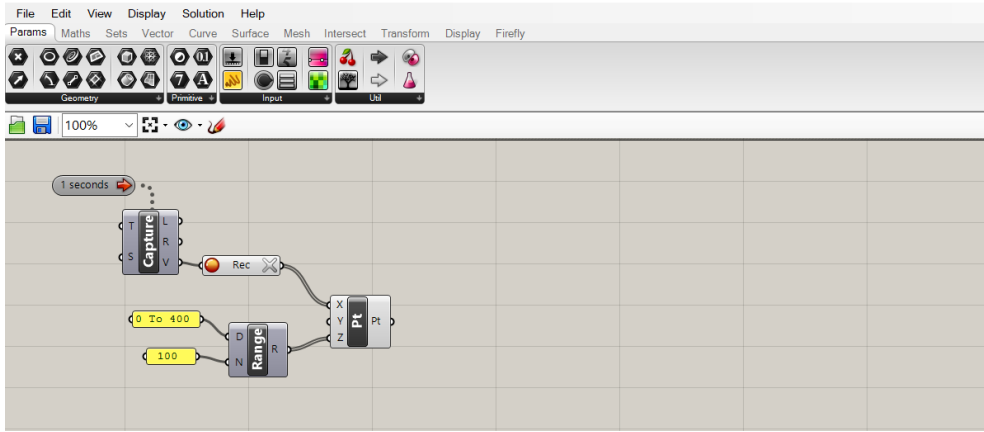
Görsel 4. Grasshopper eklentisi üzerinde aralık (range) bileşeninin bağlanması.

Koordinat sistemine kaydedilmek istenilen noktalar için bir sayı aralığı belirlendikten sonra Grasshopper üzerinde bir panel kutucuğu oluşturup belirlenen sayı aralığının bu kutucuğun içine yazılması ve daha sonra da aralık (range) bileşeninin, sayısal aralık alanı (domain of numeric range) girişine bağlanması gerekmektedir. Sayısal aralık alanı (domain of numeric range) girişi, bu makaledeki örnek uygulamada; kaydedilmek istenilen ses verisinin x eksenindeki uzunluğunu belirleyen girdidir.

Veri akış diyagramının sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlamak için bu alanda belirlenmesi gereken bir diğer bileşen ise adım sayısı (number of steps) bileşenidir. Adım sayısı (number of steps) bileşeni bu makaledeki örnek uygulama için x eksenindeki uzunluk ölçüsüne atamak istenilen nokta sayısının belirlenmesini sağlar. Bunun için, Grasshopper ekranında yeni bir panel açılıp belirlenen adım sayısının bu panele yazılması ve işlem bittikten sonra bu panelin aralık (range) bileşeninin adım sayısı (number of steps) girdisine bağlanması gerekmektedir. **(Görsel 5)**.

Görsel 8'deki örnekte veri akış diyagramına girilen sayısal aralıklar incelenecek olursa, veri akış diyagramı tamamen bittikten sonra ve ses kaydı başlatılmadan önce Rhinoceros ekranına x ekseninde 400 birim uzunluğa ve 100 adet noktaya sahip bir düz çizgi belirlediği gözlemlenebilir.

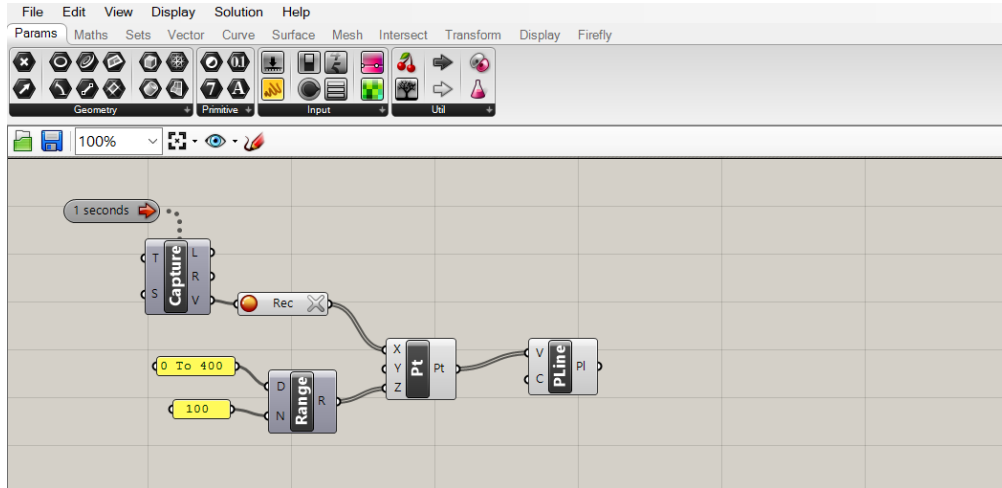
Aralık (range) bileşeni üzerinde belirlenmiş olan sayısal aralık alanı (domain of numeric range) ve adım sayısı (number of steps) girdileri istenildiği zaman uygulanacak projeye uygun bir şekilde değiştirebilir ve böylece aynı ses verisi kullanılarak Rhinoceros ekranındaki koordinat sisteminde farklı çıktılar elde edilebilir.



Görsel 5. Grasshopper eklentisinde, aralık (range) bileşeninin üzerine sayısal aralık alanı (domain of numeric range) ve adım sayısı (number of steps) girdilerinin bağlanması.

Aralık (range) bileşeni üzerinde gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra bu bileşen, nokta çizme (construct point) bileşeninin z eksenine girdisine bağlanır. Böylece Rhinoceros 'un koordinat sistemi üzerinde, z eksenine doğrultusunda adım sayısı (number of steps) paneline girilen sayısal değer kadar nokta oluşmuş olur. Z eksenindeki noktaların x koordinatları ise veri kaydedici (data recorder) bileşeninden gelen veri listesine bağlıdır. Veri kaydedici (data recorder) bileşeni, kaydettiği ve sakladığı verileri, adım sayısı panelinde daha önceden belirlenen sayıya ulaşıldığında, en eskisinden başlayarak silmeye başlar ve yeni verileri kaydeder (Yazar & Uysal, 2016, s. 262).

Veri akış diyagramına son eklenecek bileşen ise noktalar arasına çizgi çekmek için kullanılan çoklu çizgi (polyline) bileşenidir. Nokta çizme (construct point) bileşeninin nokta koordinatları (point coordinate) çıkışı, çoklu çizgi (polyline) bileşeninin çoklu çizgi köşe noktası (polyline vertex point) girişine bağlanır (**Görsel 6**).

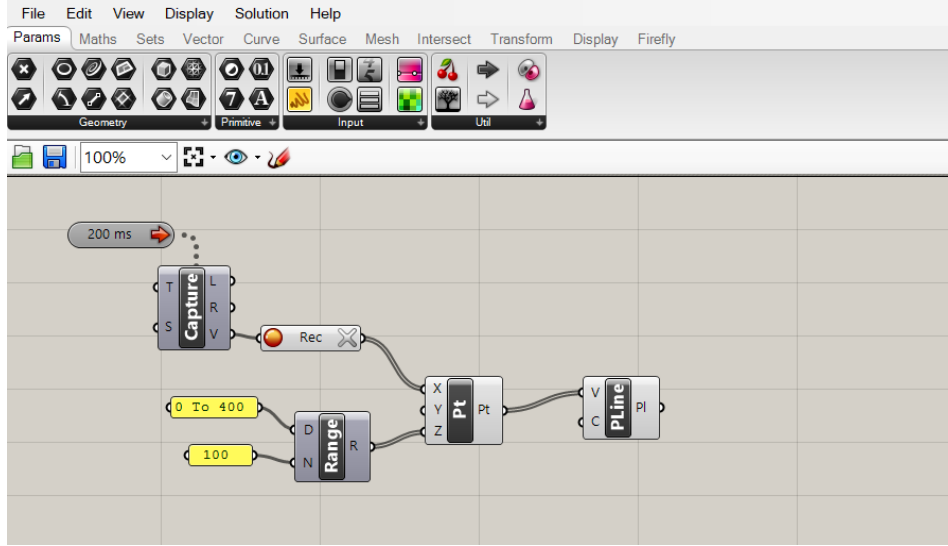


Görsel 6. Grasshopper eklentisinde, nokta çizme (construct point) bileşeninin nokta koordinatları (point coordinate) çıkışının, çoklu çizgi (polyline) bileşeni üzerindeki çoklu çizgi köşe noktası (polyline vertex point) girişine bağlanması.

Grasshopper eklentisi üzerinde oluşturulmuş olan veri akış diyagramı tamamlandığında, bilgisayara bağlı hoparlör ve mikrofonun doğru çalışıyor olması ve Windows ses ayarlarında bir bozukluk olmaması halinde, kaydedilmek istenilen ses verileri Firefly üzerinden eş zamanlı olarak işlenip, çizgilere dönüşmeye başlayacaktır (Yazar & Uysal, 2016, s. 262).

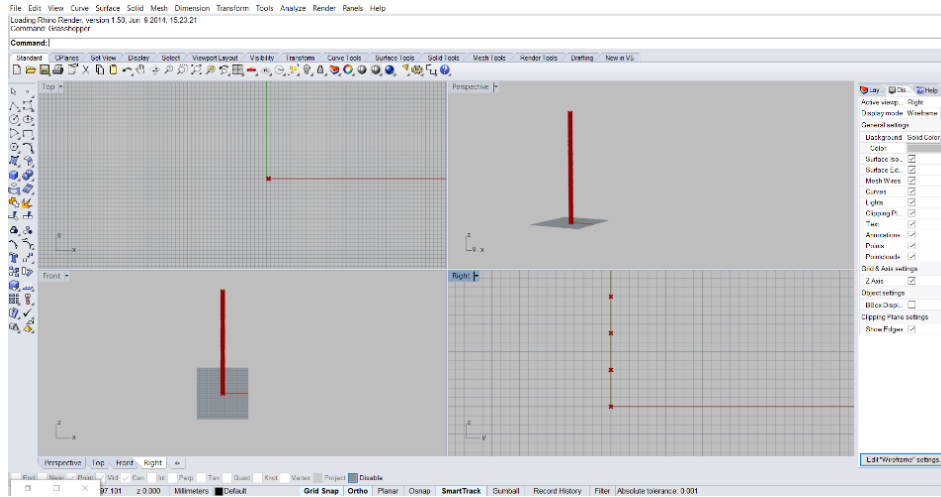
Grasshopper Eklentisinin Firefly Uzantısıyla Ses Verilerini Yakalayıp Görseleştirmek İçin Oluşturulmuş Veri Akış Diyagramının Rhinoceros Ekranı Üzerine Yansıtılması ve Forma Dönüştürülmesi

Veri akış diyagramının oluşturulması aşaması tamamlandıktan sonra örnek olarak oluşturulacak formun uygulaması için ses verilerinin her 200 milisaniyede bir yakalanması ve elde edilen verilerin 400 birimlik uzunlukta 100 adım sayısı (number of slide) ile işlenmesi uygun görülmüştür. Veri akış diyagramı üzerindeki sayısal veriler buna uygun olarak revize edilmiştir (**Görsel 7**).



Görsel 7. Bitmiş veri akış diyagramının Grasshopper eklentisi üzerindeki görüntüsü.

Hazırlanan veri akış diyagramı üzerindeki aralık (range) bileşenine atanan sayısal aralıklar sayesinde, henüz ses kaydına başlamadan önce Rhinoceros ana ekranında, x ekseninde 400 birimlik uzunluk için, her dört birimde bir nokta olmak üzere 100 adet nokta oluşturmuştur (**Görsel 8**).

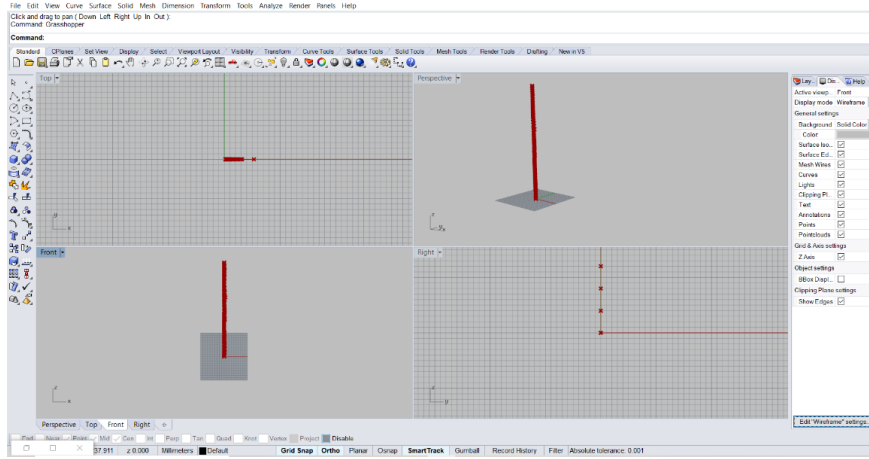


Görsel 8. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş veri akış diyagramının, Rhinoceros ana ekranındaki ses kaydı başlamadan önceki görüntüsü.

Seslerin karışmasını engellemek amacıyla çalışmanın mümkün olan en sessiz ortamda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Kayıt için kullanılmak istenen ses verisi bilgisayarın mikrofona

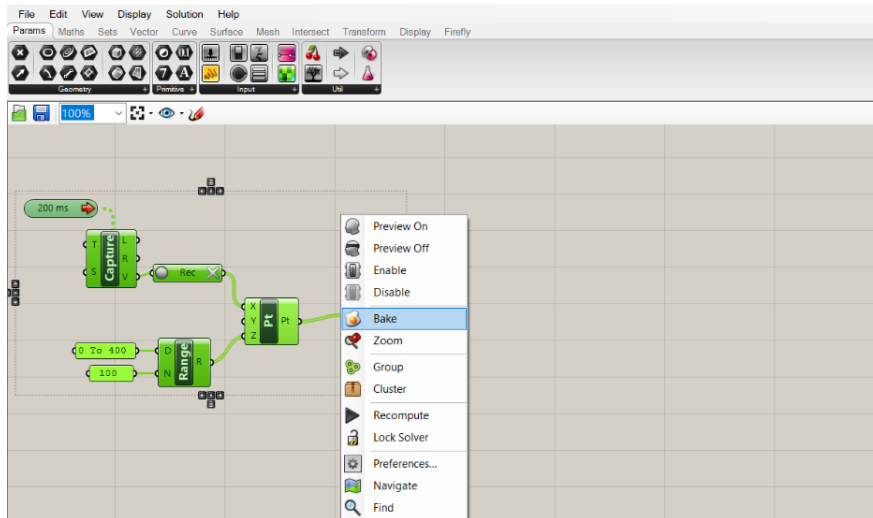
ulaşabilecek şekilde, kullanılan ana bilgisayardan, telefondan ya da başka bir ses kaynağından açılabilir. Ses verisi başlatıldığında, Grasshopper ekranında oluşturulmuş olan veri akış diyagramındaki veri kaydedici (data recorder) bileşeninin üzerindeki kayıt tuşunun da eş zamanlı olarak aktive edilmesi gerekmektedir. Aksi halde kayıt işlemi gerçekleştirilemez.

Bu makalede uygulanan örnekte Johann Sebastian Bach'ın Ay Işığı Sonatı (Moonlight Sonata) adlı eserinin ilk 20 saniyesi kullanılarak ses verisinin görselleştirilmesi yoluna gidilmiştir. Eğer ses yakalama aralığı 200 mili saniyeden daha uzun bir zaman aralığına, örneğin bir saniye gibi bir zaman aralığında ayarlanırsa ve diğer tüm girdiler sabit tutulursa o zaman eserin ilk 100 saniyesi kaydedilerek izleyiciyle buluşturulabilir (**Görsel 9**).

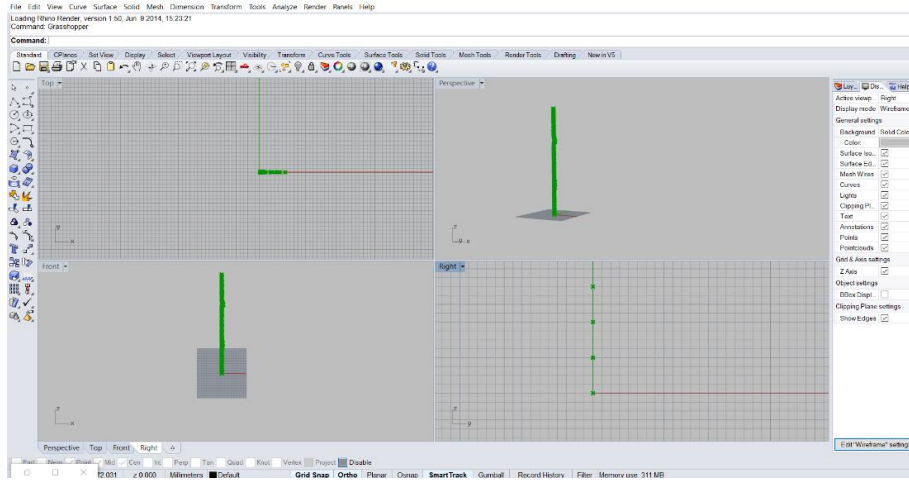


Görsel 9. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş veri akış diyagramının, Rhinoceros ana ekranındaki ses kaydı sonrasındaki görüntüsü.

Ses verisinin kayıt işlemi tamamen bittiğinde elde edilen veri Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş olduğu için Rhinoceros ana ekranında kırmızı renkte görülür. Grasshopper ile yapılan tasarımların Rhinoceros ana ekranında kayıtlı kalmasını sağlamak amacıyla; tasarım nihai haline ulaştığında, tasarımın üzerine pişirme (bake) adı verilen bir işlemin uygulanması gerekir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için Grasshopper ekranı üzerinden veri akış diyagramının tümü seçildikten sonra fare üzerinde sağ tuşa tıklanması ve çıkan menü den pişirme (bake) işleminin seçilmesi gerekir. Grasshopper ekranında pişirilmiş öğeler Rhinoceros ana ekranında yeşil renge dönüşür ve Grasshopper eklentisiyle bir bağlantısı kalmaz (Yazar & Uysal, 2016, s. 24) (**Görsel 10-11**).

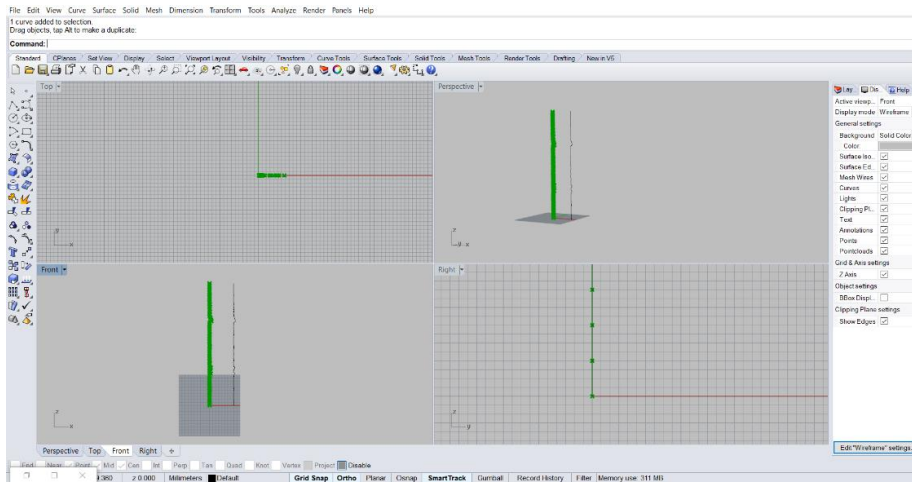


Görsel 10. Grasshopper eklentisi ile oluşturulmuş veri akış diyagramına uygulanan pişirme (bake) işlemi.



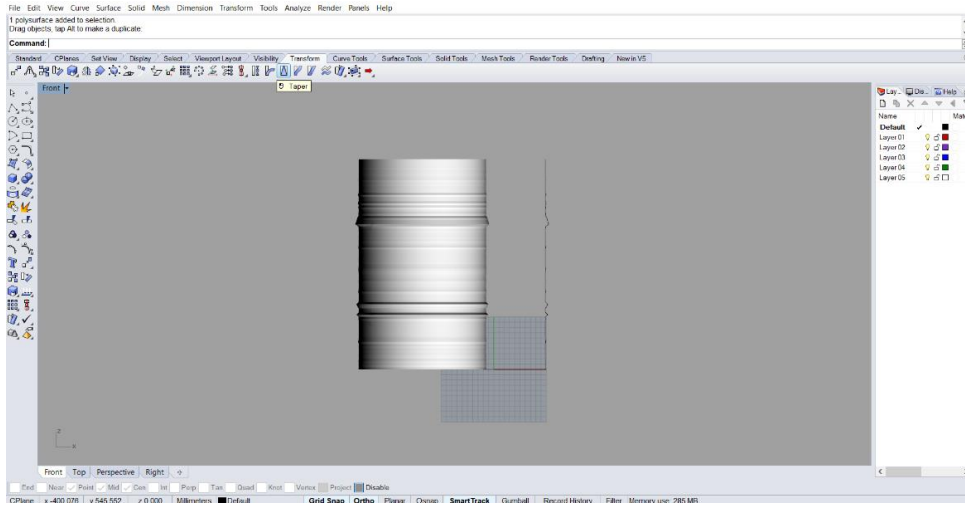
Görsel 11. Pişirme (bake) işlemi uygulanmış veri akış diyagramının Rhinoceros ekranı üzerindeki görüntüsü.

Pişirme (bake) işlemi tamamlanmış olan ses verisi artık Rhinoceros ekranında sabit hale gelir ve bu aşamadan sonra bu veri üzerinde istenilen tüm değişiklikler yapılabilir. Bu örnekte öncelikle noktalar arasında çizilmiş olan ve ses verisinin izdüşümünü temsil eden ekolayzır çizgisi noktalardan ayrılmıştır (**Görsel 12**).

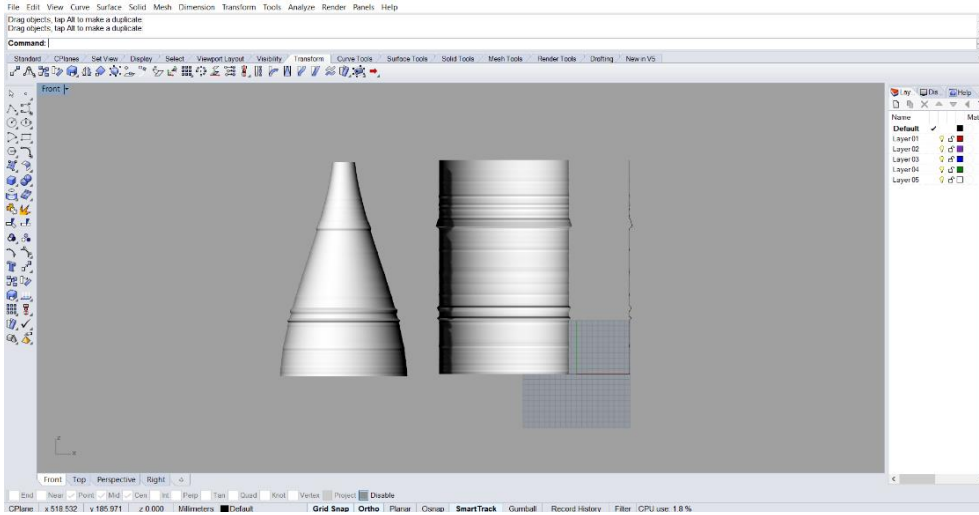


Görsel 12. Firefly ile kaydedilmiş ses verisinin izdüşümünü temsil eden ekolayzır çizgisinin noktalardan ayrılması.

Ses çizgisinin silindirik formuna dönüştürülebilmesi için ekolayzır çizgisinin alt kısmına çizgiyi 90 derece kesecek şekilde düz bir çizgi çizilip grup (group) bileşeniyle birleştirilmiştir. Birleştirilen çizgiler döndürme (revolve) bileşeniyle kendi etrafında 360 derece döndürülüp silindirik bir form haline getirilmiştir. Bu forma alternatif oluşturabilmesi açısından, dönüştürme (transform) bileşenindeki konik (taper) seçeneği kullanılarak form deforme edilmiş ve konik bir şekle dönüştürülmüştür (**Görsel 13-14**).



Görsel 13. Ekolayzır çizgisinin, döndürme (revolve) bileşeniyle kendi etrafında 360 derece döndürülerek silindirik bir form oluşturulması.



Görsel 14. Silindirik formun, dönüştürme (transform) bileşenindeki konik (taper) seçeneği kullanarak deforme edilmesi ve konik bir şekle dönüştürülmesi.

Üç Boyutlu Seramik Yazıcılarla Üretim Yapan ve Ses Verilerini Forma Dönüştüren Sanatçılar

Eserlerinin üretiminde üç boyutlu seramik yazıcıları kullanarak ses dosyalarını forma dönüştüren sanatçılar incelendiğinde karşımıza iki önemli ismin çıktığı görülmektedir. Bu isimlerden ilki seramik sanatçısı Jonathan Keep dir. Keep, 1979 yılında Natal Üniversitesi'nde güzel sanatlar eğitimini tamamlamasının ardından, 1986 yılında İngiltere'ye yerleşmiş ve Londra Royal College of Art'da 2002 yılında yüksek lisans eğitimini bitirmiştir ("Jonathan Keep", y.y.). Çalışmaları birçok koleksiyon ve müzede sergilenen sanatçı, delta tipi ve harç yığma teknolojisiyle çalışan bir üç boyutlu yazıcıyı seramik malzemeyle çalışabilecek hale dönüştürmüş ve böylelikle çoğu kişinin kolayca kullanabileceği bir yazıcının ilk örneklerinden birini oluşturmuştur (Aslan, 2017, s. 23).

Çoğu eserinde temel matematiksel kalıplar kullanan sanatçı doğadan aldığı ilhamı asla göz ardı etmemiş ve teknolojiyle doğayı yeni bir sanat anlayışıyla birleştirmeyi başarmıştır ("Jonathan Keep", y.y.). Çalışmalarının neredeyse tamamında doğadan izler bulunan sanatçının dikkat çeken en önemli serilerinden biri de Sound Surface (Ses Yüzeyi) serisidir. Sanatçı bu serisinde daha önceden bilgisayar destekli tasarım programları yardımı ile tasarlanmış olduğu bir formun üzerine, özel bir

yazılım ile ses kayıtlarını aktararak, form üzerinde ses verilerinin dokusunu oluşturmayı başarmıştır. Her objede oluşan kendine özgü ve benzersiz yüzeyler, tasarım aşamasında kullanılan ses verisinin tonunu ve ritmini taşır. Keep'in bu serideki temel amacı duyabildiklerimizin üç boyutlu görüntülerini keşfetmek ve izleyiciye aktarmaktır ("Sound Surface", y.y.) **(Görsel 15)**.



Görsel 15. Jonathan Keep, Sound Surface (Ses Yüzeyi) serisi, Benjamin Britten Four Sea Interludes (URL 1, 2021).

Üç boyutlu yazıcı teknolojilerini kullanarak çalışan ve ses verilerini çalışmalarında kullanan bir diğer seramik sanatçısı ise Danimarka'lı sanatçı Olivier van Herpt dir. Herpt, kendi tasarladığı ve harç yığıma teknolojisi ile çalışan delta tipi seramik yazıcısıyla özgün sanat eserleri üreten önemli sanatçılardan biridir. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile çok büyük boyutlarda üretim yapmayı amaçlayan sanatçı; bu amaçla, büyük boyutlarda baskı alınabilmesine olanak sağlayan, kendi tasarladığı üç boyutlu yazıcısını kullanarak mevcut üç boyutlu yazıcı teknolojilerini bir üst düzeye taşımayı başarmıştır (Özgüven, 2017, s. 79). Sanatçı bununla birlikte, baskı aşamasında kullanılacak olan seramik çamurunu sulandırarak daha akışkan bir kıvama getirmek yerine, üretim esnasında çamurun sert haliyle direk olarak kullanılabilceği bir ekstrüder tasarlamış ve bu sayede insani boyutta çalışmalara imza atabilmiştir ("Functional 3D Printed Ceramics", y.y.).

Genellikle yüzeyler ve dokular ile ilgili çalışmalar yapan sanatçı, izleyicisine elle dokunmuş hissi veren seramik vazolar sunmaktadır (Zhuang, y.y.). Her projesiyle üç boyutlu yazıcı teknolojilerine de yeni katkılar sunan sanatçının önemli serilerinden biri de Solid Vibrations (Katı Titreşimler) serisidir. Solid Vibrations (Katı Titreşimler), uzmanlık alanı ses tasarımı üzerine olan Ricky van Broekhoven ve Olivier van Herpt'in ortak projesidir. Hertpt ve Broekhoven'ın bu projedeki temel amacı ses verilerinin insan zihninde oluşturduğu etkinin görüntüsünü ortaya çıkararak, bu etkiyi form üzerine doku şeklinde yansıtmaktır. Bu bağlamda yazıcının baskı tabelasının altına, düşük ses titreşimleri üreten ve özel olarak tasarlanmış bir hoparlör yerleştirmişlerdir. Baskı esnasında, bu hoparlörden çıkan titreşimleri yazıcının ürettiği formlarla birleştirmeyi başarmışlardır ("Solid Vibrations", 2015) **(Görsel 16)**.

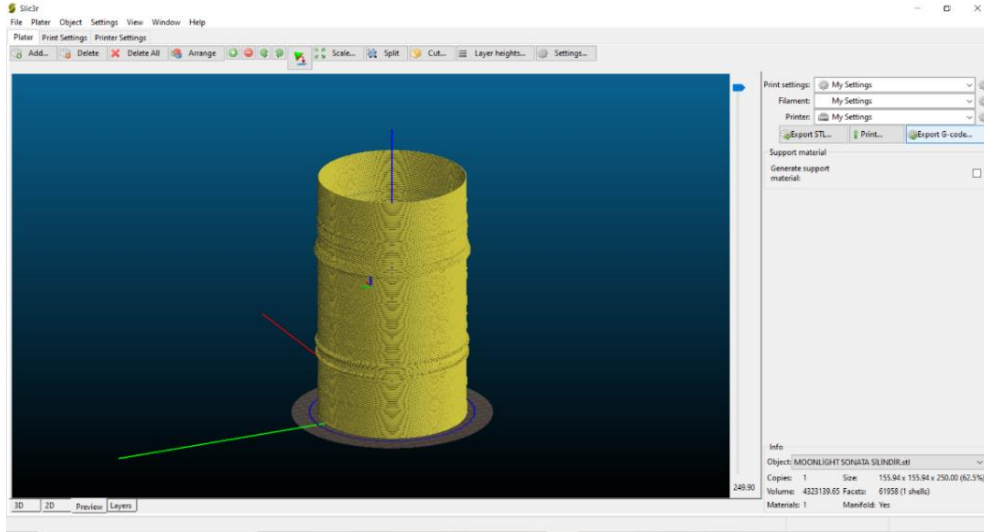


Görsel 16. Oliver Van Herp, Solid Vibrations (Katı Titreşimler), Seramik form yüzey detayı, 2015 (URL 2, 2021).

Rhinoceros Programıyla Tasarımı Tamamlanmış Formun Üç Boyutlu Baskıya Hazır Hale Getirilmesi

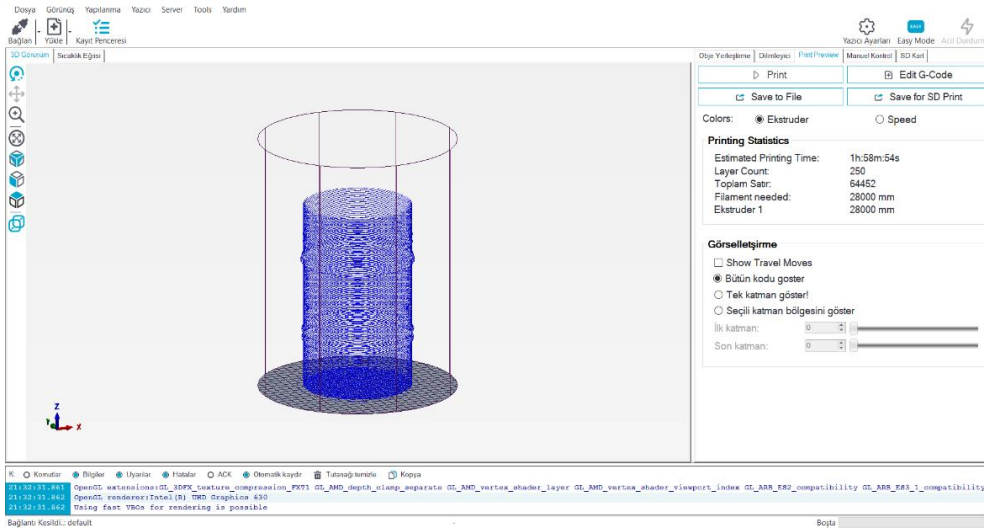
Tasarımı tamamlanan formun üç boyutlu yazıcıyla baskısının alınabilmesi için öncelikle STL formatında kaydedilmesi gerekmektedir. STL (Stereolitography) formatı hızlı prototipleme uygulamaları için geliştirilmiş bir dosya formatıdır. Bilgisayar destekli tasarım programlarından herhangi biriyle tasarlanan modeller sıklıkla dörtgen yüzeylerden oluşurken STL formatındaki modeller üçgen yüzeylerden oluşmaktadır. Model üzerinde tanımlanmış olan her üçgen kendisine komşu olan diğer üçgenin iki köşesiyle aynı koordinatlara sahip olduğundan formun yüzeyi birbirine tam bağlanmış ve böylece tam katı hale gelmiş olur. STL formatının bu özelliği üç boyutlu baskı için tek koşuldur çünkü aksi takdirde baskı esnasında birtakım sorunlar oluşacaktır.

STL formatında kaydedilen tasarımlar, yazdırma ve dilimleme ayarlarının yapılması için Slic3r gibi bir dilimleyici yazılım üzerinde tekrar açılır. Bu ayarlar, yazdırmak istediğimiz tasarıma uygun katman kalınlığı, iç dolgu (infill) modelinin çeşidi ve yoğunluğunun seçimi, yazıcının ekstrüder bölümünün baskı tablasına olan uzaklığı (z offset) gibi değerleri barındıran ayarlardır. Baskı işlemi için gerekli ayarları tamamlanmış olan tasarım sonraki aşamada G-Code formatında kaydedilmelidir. G-Code, Geometrik Kod 'un (Geometric Code) kısaltmasıdır. G-Code formatı; baskı aşaması öncesinde, Slic3r gibi dilimleyici yazılımlar ile yeniden yapılandırılan tasarımın yeni ayarlarının kodlandığı bir dosya biçimidir. Bunun yanı sıra bu format, bilgisayar destekli üretim yapan makinaların ortak programlama dilidir. Yazıcıya neyi nasıl yapması gerektiği G-Code ile aktarılır. Çeşitli aşamalardan geçerek G-code formatına dönüştürülmüş olan formlar artık baskıya hazır haldedir (Demirbaş & Arlı, 2017, s. 65-71) (**Görsel 17**).



Görsel 17. STL formatında kaydedilmiş olan formun Slic3r adındaki dilimleyici yazılımla katmanlarına ayrılması ve G-code'a dönüştürülerek kaydedilmesi.

Bu aşamadan sonra G-code formatındaki dosya, yazıcının bir robot olarak kontrol edilmesini sağlayan Repetier-Host gibi bir yazılım aracılığıyla açılarak baskı alınmaya başlanabilir. Repetier-Host yazılımı üç boyutlu yazıcılarda baskı işleminin başlatılmasını ve yazıcının kontrol edilmesini sağlayan bir yazılımdır. Bu yazılımın en önemli özelliklerinden biri Slic3r gibi dilimleyici yazılımlar ile uyumlu çalışmasıdır. Repetier-Host yazılımı aracılığı ile yazdırma işlemi başlatılıp, belli bir süreliğine duraklatılabilir veya tamamen durdurulabilir. Bunun haricinde bu yazılım aracılığı ile baskı esnasında yazıcının işletim hızı kontrol edilebilir, baskı işleminin aşamaları ve süresi ile ilgili bilgilere rahatlıkla ulaşılabilir (Aslan, 2017, s. 55) **(Görsel 18).**



Görsel 18. G-code formatında kaydedilmiş olan formun Repetier-Host yazılımıyla açılmış görüntüsü.

Harç Yığıma Teknolojisi ile Çalışan Delta Tipi Üç Boyutlu Seramik Yazıcının Baskıya Hazırlanma Aşamaları, Uygun Çamur Yoğunluğunun Tespiti ve Uygulamalar

Üç boyutlu seramik yazıcılarla baskı aşamasına gelindiğinde, tasarlanmış olan formun baskısının alınabilmesi için öncelikle çamurun ekstrüder haznesine ulaştırılması gerekmektedir. Bunun için bir çamur tankına ve tank ile yazıcının ekstrüderini birbirine bağlayacak bir hortuma ihtiyaç vardır. Çamur tankının içine baskı öncesinde doldurulan seramik malzeme, tankın içinde bulunan pistonun, hava basıncı veya motor gücü kullanılarak ilerletilmesi vasıtasıyla, bir hortum üzerinden ekstrüder haznesine taşınır. Pistonun çamur tankı içerisinde ilerlemesi için gerekli olan motor gücü ya da hava basıncı, kullanılan çamurun yoğunluğuna göre farklılık gösterir. Sağlıklı bir üretim süreci için kullanılacak olan çamurun hortum ve ekstrüder içinde 2-4 bar arası bir basınç ile kesintisiz bir biçimde ve kolayca ilerlemesi beklenir. Çamurun gereğinden yoğun kıvamda olması, bir yandan ekstrüder motorunun gücünü zayıflatıp çamurun akış hızını düşürürken diğer bir yandan doğru akış hızı için gereken hava basıncını yükseltir.

Bu sebeple üretim aşamasında kullanılacak seramik çamurunun yoğunluğunun önceden çeşitli denemeler ile belirlenmesi ve baskı aşamasından önce bu yoğunluğa göre ayarlanması çok önemlidir. Çamurun yoğunluğu üretimde kullanılmak istenen çamur çeşidine göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan kırmızı menemen çamuru için uygun yoğunluk oranının %22-25 aralığında olduğu saptanmış ve çamur bu yoğunluk aralığında hazırlanarak kullanıma uygun hale getirilmiştir (Küçükbaş, 2019, s. 99-100).

Baskı esnasında herhangi bir sorun yaşanmaması ve kaliteli bir baskı alınabilmesi için dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur ise çamurun pürüzsüzlüğüdür. Örneğin baskı için şamot gibi iri tanecikli çamurların kullanılması; baskı kalitesini düşürmesi, üretim esnasında ekstrüder nozulunu tıkayıp baskıya engel olması ve yazıcının parçalarını zaman içinde çizerek aşındırması riski taşıması açısından uygun değildir. Baskıda kullanılmak istenen taneciksiz seramik çamuru daha önceden belirlenen kıvamda hazırlandıktan sonra içinde hava ve sert bir cisim kalmamasına özen gösterilmelidir. Hazırlanan çamurun homojen bir biçimde karışmış olması da baskı kalitesini doğrudan etkilemektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurularak baskıda kullanılacak olan çamura ıspatula yardımıyla düz ve sert bir zemin üzerinde baskı uygulanarak içindeki havanın tamamen çıkması sağlanmalı ve aynı zamanda çamur pürüzsüz ve homojen bir hale getirilmelidir.

Çamur hazırlandıktan sonra çamur tankına yüklenmesi ise üretim aşamasında sorun oluşmaması adına dikkat edilmesi gereken oldukça önemli bir diğer basamaktır. Bu adımda hem çamurun hem de çamur tankının içinde hava kalmaması için özen gösterilmelidir, çamur tankının veya çamurun içinde hava kalması halinde üretim sırasında form deforme olabilir ya da tamamen bozulabilir. Daha önceden pürüzsüz hale getirilip üretime hazırlanan çamur, çamur tankı olarak kullanılacak olan hazneye parça parça ve içinde hava kalmayacak şekilde yerleştirilmelidir (Aslan, 2017, s. 12-14). Özetle alınacak olan baskının kalitesi, üretim esnasında kullanılacak olan çamurun yoğunluğu, pürüzsüzlüğü ve homojenliği ile doğrudan bağlantılıdır.

Baskı aşamasında dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur ise baskı hızıdır. Üretim esnasında baskı hızı üretimde kullanılacak olan çamurun yoğunluğuna göre belirlenmelidir. Eğer üretimde motorlu ekstrüder tercih ediliyor ise basılacak formun detaylarının yoğunluğuna ve karmaşıklığına göre baskı hızı gerektiğinde artırılıp azaltılabilir. Eğer motorsuz ekstrüder tercih ediliyorsa, üretimde kullanılacak olan çamurun yoğunluğu artırılmalı ve kontrolün kaybedilmemesi açısından üretim hızı yavaşlatılmalıdır.

Bunların yanı sıra üretilmek istenilen formun üç boyutlu yazıcılarla üretime uygun olduğundan emin olunmalıdır. Harç yığıma teknolojisiyle çalışan üç boyutlu yazıcılar eklemeli üretim yaptıkları için tasarım aşamasında form üzerinde herhangi bir ters açı olmadığından emin olunmalıdır (Martinez & Can, 2016, s. 11).

Tüm bu bilgilerin ışığında, harç yığıma teknolojisiyle çalışan delta tipi üç boyutlu yazıcı adım adım baskıya hazır hale getirilmiştir. Baskı esnasında motorlu ekstrüder kullanılmıştır. Baskısı alınacak olan formun, çok karmaşık bir form olmamasına rağmen titizlikle üretilmesi gerektiği gerçeği göz

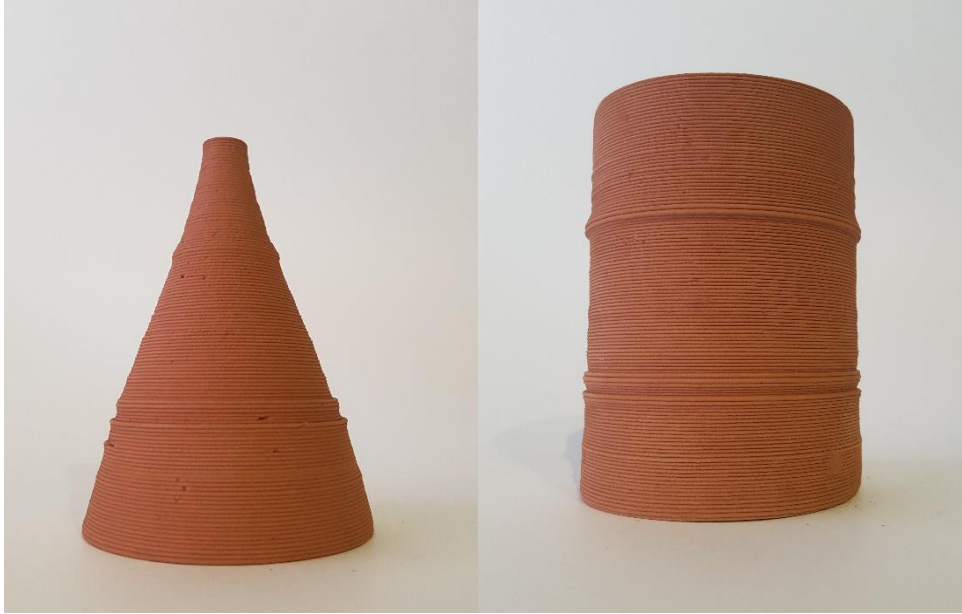
önünde bulundurularak ortalamanın biraz altında bir baskı hızı tercih edilmiştir. Baskı esnasında baskının hızı Repetier-Host yazılımı üzerinden ayarlanabilmektedir.

Tüm bu aşamalardan sonra baskı işlemi için tamamen hazır olan yazıcı Repetier-Host yazılımı ile bilgisayara bağlanarak baskı alma işlemine başlanabilir.



Görsel 19. Tasarımı tamamlanmış formların üç boyutu seramik yazıcı ile üretim aşaması.

Baskı aşaması tamamen bitmiş olan formlar kurumaya bırakılmış ve daha sonra 900 °C'de bisküvi pişirimleri yapılarak nihai hallerine ulaşmaları sağlanmıştır (**Görsel 19-20**). Nihai ürünlerin ölçüleri 11x6,5x1 cm, 11x6,5 cm olup et kalınlıkları 0.3 mm dir.



Görsel 20. Tasarımı tamamlanmış formların üç boyutu seramik yazıcı ile üretilmiş halleri, kırmızı menemen çamuru, 900 °C, 11x6,5x1 cm, 11x6,5 cm, 2021.

Sonuç ve Öneriler

Üç boyutlu yazıcılar keşfedildikleri ilk günden bu yana kullanıldıkları alanlara devrim niteliğinde yenilikler yaratma imkânı sağlamaktadır. Seramik alanında ise son on yılda kullanımlarını giderek arttırmakta olan bu yazıcılar artık bu alanda yeni bir şekillendirme yöntemi olarak kabul görmekte ve yerini her geçen gün sağlamlaştırmaktadır.

Üç boyutlu yazıcılar, seramik alanında geleneksel şekillendirme yöntemleriyle üretilemeyecek kadar karmaşık formların üretimini sağlamaktadırlar. Yazıcılar sanatsal alanda; çeşitli desenlerde iç dolgu uygulamalarına ya da sistematik ve farklı yüzey dokularına sahip üretimlerin yapılmasına imkân sağlarken, endüstriyel seramik üretiminde ise çok ince et kalınlıklarında ve kalıpla şekillendirmesi mümkün olmayan formların seri üretimine olanak sağlamaktadırlar.

Bilgisayar destekli tasarım programlarının ve üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin hızla gelişimini sürdürmesi kullanıcılarına heyecan verici gelişmeler sunmaktadır. Bu teknolojilerin anlık ses ve görüntü verilerini yakalayıp dijital ortamda forma dönüştürülmesine olanak sağlaması da bu alandaki heyecan verici gelişmelerden biridir. Bilgisayar destekli tasarım programları ve üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin sağladığı tüm bu yenilikler, tasarımcıları yeni doku, yüzey, biçim ve modelleme yöntemleri ile ilgili arayışlara yöneltmektedir.

Bu çalışmada öncelikle bilgisayar destekli tasarım programları aracılığıyla kaydedilen ses verilerinin birer forma dönüştürülmeye elverişli olup olmadığı araştırılmış, çalışmalar sonucunda ses verilerinin başarıyla forma dönüştürülebildiği gözlemlenmiştir. İkinci aşamada ise tasarımı tamamlanmış formların üç boyutlu seramik yazıcı ile üretiminin mümkün olup olmadığına bakılmış ve uygulamalar sonucunda üretimin mümkün olduğu görülmüştür.

Ses dosyalarının seramik bir forma dönüştürülmesi kapsamında yapılan bu araştırmanın sonucunda elde edilen formların, uygulama ve tasarım açısından, seramik malzeme kullanılarak, harç yığıma tekniği ile çalışan delta tipi bir üç boyutlu yazıcı ile üretim için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı; günümüzde bilgisayar destekli tasarımın ve üç boyutlu yazıcı ile üretimin sanat ve tasarım alanındaki aktif kullanımına ışık tutmak, bu yeni nesil teknolojilerin sağladığı avantajları okuyucuya aktarmaktır. Bunun yanı sıra, başta seramik sanatı olmak üzere yeni nesil teknolojilerin sanat ve tasarım üzerindeki etkisine dikkat çekmek ve bu teknolojilerin gelecek nesiller için özendirici olmasını sağlamak açısından önem arz etmedir.

Çalışmada, Rhinoceros' un Grasshopper eklentisinin Firefly uzantısıyla yakalanan ses verilerinin forma dönüştürülmesi süreci adım adım okuyucuya aktarılmıştır. Firefly uzantısı ile yakalanan ses verileri üzerinde yapılan değişikliklerin sonucunda tasarlanan formların, yapıları itibarıyla seramik malzemeyle üretimine uygun şekilde tasarlanmış olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Tasarımı tamamlanmış olan formlar dilimleyici programlar ile katmanlarına ayrılmış ve daha sonra G-code formatına dönüştürülerek kaydedilmiştir. G-code formatına dönüştürülmüş tasarımlar, seramik malzemeyle çalışan delta tipi bir üç boyutlu yazıcı ile üretilmiştir. Formların üretim aşamasında kırmızı menemen çamuru kullanılmıştır. Üretimi tamamlanmış formlar daha sonra kurumaya bırakılmış ve 900 °C de bisküvi pişirimine tabi tutulmuştur.

Bu çalışmada; ses verilerinin forma dönüştürülebilmesine ve seramik malzeme kullanılarak üç boyutlu yazıcı ile üretilmesine dair teknik ve teknolojik temeller atılmıştır. Gelişime ve değişime açık bir konu üzerine yazılmış olan bu makale, üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle üretilebilecek yeni nesil seramik formlar ile ilgili bir araştırma makalesi olarak nitelendirilebilir.



Kaynakça

- Aslan, F. (2017). *Üç Boyutlu Yazıcılarda Harç Yığıma Tekniği ile Seramik Şekillendirme*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Demirbaş, Y. K., & Arlı, B. (2017). *Uygulamalarla Üç Boyutlu Yazıcı Yapımı ve Kullanımı* (4. baskı). İstanbul: Abaküs Kitap Yayın Dağıtım Hizmetleri.
- Demirel, M. Y., & Karaağaç, İ. (2014). Bilgisayar Destekli Üretim Süreçlerine Genel Bir Bakış. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 55(652), 51–61.
- Functional 3D Printed Ceramics. (y.y.). Tarihinde 26 Ağustos 2021, adresinden erişildi Olivier van Herpt website: <https://oliviervanherpt.com/functional-3d-printed-ceramics/>
- Jonathan Keep. (y.y.). Tarihinde 01 Eylül 2021, adresinden erişildi Jonathan Keep website: http://www.keep-art.co.uk/resume_cv.htm
- Küçükerbaş, M. N. (2019). *Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretilebilecek Form Araştırmaları*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Martinez, E. H., & Can, E. (2016). Bilgisayar Destekli Seramik Üretim Yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar ve Günümüz Koşullarında Uygulama Örneği. *Anadolu Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1–15.
- Özgüven, S. (2017). *Seramik Sanatında Dijital Uygulamalar*. Hacettepe Üniversitesi.
- Solid Vibrations. (2015). Tarihinde 25 Ağustos 2021, adresinden erişildi Olivier van Herpt website: <http://oliviervanherpt.com/solid-vibrations/>
- Sound Surface. (y.y.). Tarihinde 01 Eylül 2021, adresinden erişildi Jonathan Keep website: http://www.keep-art.co.uk/digital_sound.html
- Yazar, T., & Uysal, S. (2016). *Grasshopper ile Parametrik Modelleme* (1. baskı). İstanbul: Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık.
- Zhuang, J. (y.y.). Olivier van Herpt. Tarihinde 25 Ağustos 2021, adresinden erişildi Olivier van Herpt website: <https://oliviervanherpt.com/about/>
- URL 1: http://www.keep-art.co.uk/Singles/sound_01.jpg, Erişim tarihi: 01 Eylül 2021.
- URL 2: <https://oliviervanherpt.com/img/ceramic-3d-printer-sound.jpg>, Erişim tarihi: 25 Ağustos 2021.

Extended Abstract

Three-dimensional printer technologies, which were discovered for the first time in the early 1970s, have rapidly continued their technological developments since the day they were discovered. This rapid development of three-dimensional printers in the historical process has led to the development of their usage areas over time. The fields of use of three-dimensional printers, which were initially only used to produce plastic prototypes, have expanded from the health sector to the defense and space industry, from traditional production to industrial design products, from the food industry to the field of art and design.

Computer-aided design programs, which are directly linked to three-dimensional printer technologies, have also progressed in parallel with three-dimensional printer technologies in this historical process. The parallel progress of these technologies has brought innovative perspectives to every field where printers are used.

Computer-aided design programs, which play an active role in every stage of production with three-dimensional printers, enable the forms to be produced to be expressed in a volumetric way with mathematical or coordinate expressions. Today, almost all computer-aided design programs update for three-dimensional printers and offer the necessary interfaces to their users. Some of the most commonly used computer aided design programs in the

field of art and design are programs such as Maya, Autodesk 3Ds Max, AutoCAD, Rhinoceros, and Solidworks. Each of these computer aided design programs develops new add-ons and extensions within itself, thus providing different advantages to its users.

In this study; Using the Firefly extension of the Grasshopper plug-in of Rhinoceros, a computer-aided design program, the audio data captured from the external environment has been converted into form. The steps of creating the data flow diagram, which will enable the recording of the audio files captured using the Firefly extension as data, are conveyed to the reader in detail, step by step.

After the audio files were recorded with computer environments via Firefly, some adjustments were made on them. Particular attention was paid to the fact that the forms, which took their final form after the arrangements, were designed in accordance with their production with ceramic materials.

The forms, which have completed the design, were revised with computer aided manufacturing (CAM: Computer Aided Manufacturing) software at the next stage, made ready for printing and re-coded in a language that the printer could detect. The forms, which were finalized with various arrangements, were first saved in STL (Stereolithography) format, which is a file format developed for rapid prototyping applications. The designs saved in STL format were separated into layers with slicer programs such as Slic3r, then converted to G-code format and re-saved in their final form. G-Code is an abbreviation of Geometric Code. G-Code format; It is a file format in which the new settings of the design, which are reconstructed with slicer software such as Slic3r, are encoded before the printing phase. In addition, this format is the common programming language of computer-aided production machines. What to do and how to do is transferred to the printer with G-Code. The designs converted to G-code format were produced with a delta type three-dimensional printer, which was made to work with ceramic material by making some changes. Red mud was used during the production of the forms. The completed forms were then left to dry and subjected to biscuit firing at 900 °C.

