

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**RÖLYEFLİ SERAMİK KAROLARIN BİLGİSAYAR
DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARIYLA
MODELLENMESİ VE ÜRETİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsmail Özgür ERDEM

Enstitü Ana Sanat Dalı: Seramik ve Cam

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Dicle ÖNEY

EYLÜL – 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

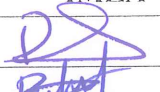
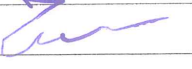
**RÖLYEFLİ SERAMİK KAROLARIN BİLGİSAYAR
DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARIYLA
MODELLENMESİ VE ÜRETİLMESİ**

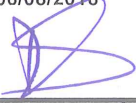
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsmail Özgür ERDEM

Enstitü Anasanat Dalı: Seramik ve Cam

“Bu tez 07/09/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATI	İMZA
Dr. Öğr. Üyesi Dicle ÖNEM	BAŞARILI	
Doç. Buket Acartürk	BAŞARILI	
Dr. Öğr. Üyesi İsmet YÜKSEL	Başarılı	

 SAKARYA ÜNİVERSİTESİ	T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK BEYAN FORMU	Sayfa : 1/1
Öğrencinin		
Adı Soyadı	:	İsmail Özgür ERDEM
Öğrenci Numarası	:	1460Y31004
Enstitü Anasanat Dalı	:	Seramik ve Cam
Enstitü Bilim Dalı	:	Seramik ve Cam
Programı	:	☒ YÜKSEK LİSANS ☐ DOKTORA
Tezin Başlığı	:	RÖLYEFLİ SERAMİK KAROLARIN BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARIYLA MODELLENMESİ VE ÜRETİLMESİ
Benzerlik Oranı	:	%10
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,		
 Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.  06/08/2018 Öğrenci İmza		
 Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafımda yapılmış olup, yeniden değerlendirilmek üzere sbtezler@sakarya.edu.tr adresine yüklenmiştir. Bilgilerinize arz ederim.  06/08/2018 Öğrenci İmza		
Uygundur		
Danışman Unvanı / Adı-Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi Dicle Öney		
Tarih: 06/08/2018 İmza: 		
☐ KABUL EDİLMİŞTİR ☐ REDDEDİLMİŞTİR EYK Tarih ve No:	Enstitü Birim Sorumlusu Onayı	

ÖNSÖZ

Bu tezin yazılması aşamasında çalışmamı sahiplenerek titizlikle takip eden danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Dicle Öney'e katkı ve emekleri için içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Savunma sınavı sırasında jüri üyeleri Doç. Buket Acartürk Akyurtlaklı ve Dr. Öğr. Üyesi İsmet Yüksel çalışmamın son haline gelmesinde değerli katkılar yapmışlardır. Bu vesileyle bilgi birikimlerini şahsımla paylaşarak tez uygulamalarını yürütmeme yardımcı olan tüm bölüm hocalarıma teşekkür ederim. Bu günlere ulaşmamda emekleri ile beni destekleyen anne ve babama şükranlarımı sunarım. Son olarak desteğini ve tez uygulamamda yardımlarını esirgemeyip her zaman yanımda olan eşim Gamze Yılmaz Erdem'e teşekkürlerimi sunarım.

İsmail Özgür Erdem

07.09.2018

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iii
GÖRSEL LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1: SERAMİK KAROLARIN TARİHSEL SÜRECİ VE KAROLARIN ÜRETİM TEKNİKLERİ	4
1.1. Seramik Karoların Tarihsel Süreci.....	4
1.2. Seramik Karolarda Rölyef Kullanımı	10
1.3. Rölyefli Seramik Karoların Üretim Teknikleri	11
1.3.1. Elle (Plastik) Şekillendirme	11
1.3.2. Kalıp İle Şekillendirme	12
1.3.3. Pres İle Şekillendirme	16
BÖLÜM 2: BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM.....	19
2.1. Bilgisayar Destekli Tasarımın Tarihi	19
2.2. Bilgisayar Destekli Tasarımın Yararları	22
2.3. Bilgisayar Destekli Tasarımda Modelleme Yöntemleri.....	23
2.3.1. İki Boyutlu Modelleme Biçimleri	24
2.3.2. Üç Boyutlu Modelleme Biçimleri.....	24
2.3.2.1. Tel Çerçeve (Wireframe) İle Modelleme	25
2.3.2.2. Yüzey (Surface) Modelleme	26
2.3.2.3 Katı (Solid) Modelleme	27
2.4. Bilgisayar Destekli Üretim.....	29
2.4.1 Bilgisayar Destekli Üretimin Ortaya Çıkışı	29
2.4.2 Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) Araçları.....	31

BÖLÜM 3: BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM PROGRAMIYLA KARO TASARIMI VE ÜRETİMİ.....	34
3.1. Eskizler.....	34
3.1.1. El İle Çizilen Eskizler	34
3.1.2. Eskizler Sonucunda Uygulamaya Alınacak Tasarımların Tespiti	37
3.2. Bilgisayar Ortamında Tasarımların Modellenmesi	39
3.3. Modellerin Sayısal Tezgâhlarda İşlenmesi	57
3.4. Modellerin Kalıplarının Oluşturulması	62
3.5. Karoların Üretimi	69
3.5.1. Kalıbın Prese Bağlanması	69
3.5.2. Karoların Preste Basılması.....	71
3.5.3. Karoların Sırlanması ve Fırınlanması	75
SONUÇ.....	88
KAYNAKÇA	90
ÖZGEÇMİŞ.....	94

KISALTMALAR

- BDÜ** : Bilgisayar Destekli Üretim
- BDT** : Bilgisayar Destekli Tasarım
- B-REP** : Modelin yüzeylerinin ve kenarlarının ayrıntılı bir şekilde gösterildiği tasarım şekli. Sınır Gösterimi (Boundry Representation)
- CAD** : Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
- CAM** : Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Manufacturing)
- CNC** : Bilgisayar aracılığıyla programlanarak otomatik şekilde işleme yapan makine. Bilgisayar Sayımlı Yönetim (Computer Numerical Control)
- C-REP** : Yapısal Katı Geometri (Constructive Solid Geometry)
- DNC** : Bir ana bilgisayarın gerçek zamanlı birçok sayısal denetimli takım tezgâhı tarafından paylaşılması ve tezgâhlara doğrudan komut gönderilmesiyle işlem yapılan makine. Direk Sayımlı Yönetim (Direct Numerical Control)
- NC** : Takım tezgâhlarının sayı harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesi. Sayısal Kontrol (Numerical Control)

GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 1 : Ur Zigguratı, Dhi Qar şehri, Irak.....	5
Görsel 2 : Khaju Köprüsü 17. YY İsfahan, İran	6
Görsel 3 : Kral Zoser Dönemi, Sakkara Piramit Mezarı ve Sırlı Tuğla Örneği, (M.Ö. 2630-2611).....	7
Görsel 4 : Muhafız Kabartmaları, Daryus Sarayı, Susa (M.Ö. 510).....	7
Görsel 5 : İhtar Kapısı ve Rölyef Detayı, Pergamon Müzesi, Berlin, ALMANYA (M.Ö. 604-562)	8
Görsel 6 : Mayolika Tekniği İle Yapılmış Karolar Valencia, İSPANYA (M.S. 1425 – 1450)	9
Görsel 7 : Rut Byrk 1960 Rölyefli Karolarla Oluşturulmuş Kompozisyon.....	10
Görsel 8 : Frank Lloyd, Rölyefli Karo	11
Görsel 9 : Füreya Koral, Elle Şekillendirme Yöntemi İle Yapılmış Karolardan Oluşan Duvar Panosu	12
Görsel 10 : Açık Döküm İle Şekillendirme.....	14
Görsel 11 : Kapalı Döküm İle Şekillendirme.....	14
Görsel 12 : Kalıp İle Şekillendirilmiş Karolar	15
Görsel 13 : Kuru Presleme İle Şekillendirme.....	16
Görsel 14 : Seramik Ram Pres Genel Görüntüsü.....	17
Görsel 15 : Ağızlıklılı Vakum Pres Genel Görüntüsü.....	17
Görsel 16 : Ağızlıklılı Vakum (Enjeksiyon) Presleme.....	18
Görsel 17 : Ivan Edward Sutherland, Tx2 Bilgisayar	19
Görsel 18 : Işık Kalemi	20
Görsel 19 : IBM tarafından 1981 yılında üretilen kişisel bilgisayar	21
Görsel 20 : 1952 Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT) İlk Kullanılan NC Freze Tezgâhı.....	30
Görsel 21 : İlk NC Tezgâhında Üretilen Radyal Uçak Motoru Piston Kolu.....	30
Görsel 22 : Delikli Şerit	31

Görsel 23: Siemens Nx 10 Programının Açılış Ekranı	39
Görsel 24: Yeni Dosya Oluşturma	40
Görsel 25: Sketch Menüsünde Düzlem Seçimi	41
Görsel 26: Taban Sınırlarının Çizilmesi.....	42
Görsel 27: Taban Çizgilerine “Extrude” Komutunun Uygulanması.....	42
Görsel 28: Çizim Yapılacak Yüzeylerin Seçimi	43
Görsel 29: Ana Katıdan Çıkarılacak Parçanın Çizgilerinin Çizilmesi.....	43
Görsel 30: Subtract Komutu İle Ana Modelden Yardımcı Parçanın Çıkarılması.....	44
Görsel 31: Karonun Genel Görünümü	44
Görsel 32: “Edge Blend” komutunun uygulanması.	45
Görsel 33: Model 1’in Nihai Görüntüsü	45
Görsel 34: Taban Çizgilerinin Oluşturulması.	46
Görsel 35: Taban Çizgilerinin Oluşturulması	47
Görsel 36: Boyut Verilecek Kenar Çizgilerin Çizilmesi.....	47
Görsel 37: Koordinat Düzleminin Eklenmesi	48
Görsel 38: Oluşturulan Koordinat Düzlemine Yay Çizilmesi	48
Görsel 39: Tel Kafesi Oluşturulan Modelin Üç Boyutlu Görüntüsü	49
Görsel 40: Surface Komutunun Uygulanması	49
Görsel 41: Yüzeylerin Oluşturulması.....	50
Görsel 42: Kavisli Yüzeyin Elde Edilmesi	50
Görsel 43: Yüzeylerin Tamamlanmış Halinin Kesit Görüntüsü	51
Görsel 44: Sew Komutu İle Yüzeylerin Birleştirilmesi	52
Görsel 45: Hacimli Modelin Kesit Görüntüsü	52
Görsel 46: Taşıma Komutu İle Birimin Döndürülerek Çoğaltılması.....	53
Görsel 47: Çoğaltılan Birimin Üst Görünüşü.....	53
Görsel 48: Unite Komutu İle Katı Birimlerin Birleştirilmesi	54

Görsel 49: Edge Blend Komutunun Uygulanması	54
Görsel 50: Model 2'nin Nihai Görüntüsü Üç Boyutlu Görüntüsü	55
Görsel 51: Model 2'nin Nihai Görüntüsü Üst Görüntüsü	55
Görsel 52: Teksir Kalıbı İçin Oluşturulan Taban	56
Görsel 53: Tabanın Model İle Birleştirilmesi	57
Görsel 54: Modellerin İşleneceği CNC'nin Bilgisayarlı Kontrol Ünitesi	58
Görsel 55: Polietilen Parçanın Tablaya Yerleştirilmesi ve Koordinatlarının Sıfırlanması	59
Görsel 56: Modelin Kaba İşleme Aşaması ve Soğutma Sistemi	60
Görsel 57: Modelin İnce İşleme Aşaması	60
Görsel 58: Modelin Oluşturulması	61
Görsel 59: Modelin Oluşturulması	61
Görsel 60: Modelin İşlenmiş Hali	62
Görsel 61: Çerçevenin Genel Görüntüsü	63
Görsel 62: Hortum Sisteminin Hazırlanması	64
Görsel 63: Hortum Sisteminin Kalıp Demirine Sabitlenmesi	65
Görsel 64: Alçının Suyu Serpelenmesi	66
Görsel 65: Alçının Kalıba Dökülmesi	66
Görsel 66: Alçının Kalıba Dökülmesi	67
Görsel 67: Kalıbın Yüzeyinin Masterla Sıyırılması	67
Görsel 68: Kalıba Hava Verilmesi ve Zımparalanması	68
Görsel 69: Boşluk Kontrolü ve Kauçuk Plakanın Yerleştirilmesi	69
Görsel 70: Kalıbın Tablaya Cıvata Yardımıyla Bağlanması	70
Görsel 71: Hava Sisteminin Bağlanması	70
Görsel 72: Modele Göre Çamurun Kesilmesi	71
Görsel 73: Çamurun Ortalanarak Koyulması	72

Görsel 74: Çamurun Basılması	72
Görsel 75: Kalıba Hava Verilmesi	73
Görsel 76: Hava Yardımıyla Ürünün Çıkarılması.....	73
Görsel 77: Ürünün Alınması	74
Görsel 78: Basılmış Ürünlerin Genel Görünümü.....	74
Görsel 79: Yan Çapakların Temizlenmesi ve Dizilmesi	75
Görsel 80: Ürünlerin Izgaralarda Kurutulması.....	76
Görsel 81: Bisküvi Pişiriminin Yapılması	77
Görsel 82: Ürünlerin Sırlanması	78
Görsel 83: Ürünün Altının Temizlenmesi.....	78
Görsel 84: Taban Kontrolü.....	79
Görsel 85: Ürünlerin Fırına Dizilmesi	79
Görsel 86: Model 1'in Sırlı Görünümü	80
Görsel 87: Model 1'in Farklı Düzenlenmiş Hali.....	81
Görsel 88: Model 1'in 3D Max Programında Mekâna Yerleştirilmesi.....	82
Görsel 89: Model 1'in 3D Max Programında Mekâna Farklı Diziliminin Yerleştirilmesi	83
Görsel 90: Model 2'nin Sırlı Görünümü	84
Görsel 91: Model 3'ün Sırlı Görünümü	86
Görsel 92: Model 3'ün Farklı Düzenlenmiş Hali.....	86
Görsel 93: Model 3'ün 3D Max Programında Mekâna Yerleştirilmesi	87

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 : Açık Döküm İle Şekillendirme.....	13
Şekil 2 : Açık ve Kapalı Döküm İle Şekillendirme	15
Şekil 3 : Tel Çerçeve ile Oluşturulmuş Model	25
Şekil 4 : Surface Yüzey Modelleme	26
Şekil 5 : Temel Katı Modeller ile Katı Oluşturma	28
Şekil 6 : DNC Türü Sistemin Çalışma Şeması	32
Şekil 7 : Eskiz 1	35
Şekil 8 : Eskiz 2	35
Şekil 9 : Eskiz 3.....	35
Şekil 11: Ekiz 4.....	36
Şekil 12: Eskiz 5	36
Şekil 13: Eskiz 6	36
Şekil 14: Eskiz 7	37
Şekil 15: Model 1'in Teknik Çizim Eskizinin Perspektif Görünümü	37
Şekil 16: Model 1'in Teknik Çizim Eskizinin Ön Görünümü.....	38
Şekil 17: Model 2'nin Teknik Çizim Eskizinin Perspektif Görünümü	38
Şekil 18: Model 2'nin Teknik Çizim Eskizinin Ön Görünümü.....	38

Tezin Başlığı: Rölyefli Seramik Karoların Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Modellenmesi ve Üretilmesi	
Tezin Yazarı: İsmail Özgür ERDEM	Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Dicle ÖNEY
Kabul Tarihi: 06.08.2018	Sayfa Sayısı: x (ön kısım) + 94 (tez)
Ana Sanat Dalı: Seramik ve Cam	Sanat Dalı: Seramik ve Cam
Seramik sektöründe bilgisayar destekli üretim biçimi gerek seramik formların modelleme aşamasında oluşan hataları asgariye indirmesi gerekse kalitenin artırılması ve modelleme aşamasını hızlandırması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak yaklaşık yirmi-yirmi beş yıldır ülkemiz seramik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bilgisayar destekli üretim biçimi üniversitelerin seramik bölümlerinde bilgisayar destekli tasarım derslerinin olmasına karşın uygulama imkânına sahip olamamaktadır. Bu sebeple sektörde kullanılan teknolojinin bu tez çalışmasıyla seramik eğitimine entegrasyonunun sağlanması amaçlanmıştır. Seramik sektöründe yaygın olarak üretilen rölyefli seramik duvar karolarının uygulanması bu tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır. Bu bağlamda tez içeriğini duvar karolarının tarihçesi, üretim teknikleri, bilgisayar destekli tasarım ve üretiminin tarihi, modelleme ve üretim yöntemleri, seçilen konunun uygulama aşamaları oluşturmaktadır. Rölyefli seramik karoların bilgisayar destekli tasarım programlarıyla tasarlanması ve üretilmesi için Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri yüksek lisans tez projesine başvurulmuştur. Tezin uygulama aşamasında bu proje kapsamında alınan CNC Router makinesi ve ayrıca kişisel imkânlarla geliştirilen hidrolik el presi kullanılmıştır. Uygulama aşamasında yedi adet eskiz tasarlanmış, bu eskizler arasından seçilen iki tasarım bilgisayar ortamında modellenmiş, CNC Router yardımıyla bu modellerin teksir kalıpları oluşturulup üretim aşamaları aktarılmıştır. Ayrıca eskizler arasından seçilen bir model daha üretilmiş ve uygulama sonuçları gösterilmiştir.	
Anahtar Kelimeler: Rölyefli Seramik Karolar, Bilgisayar Destekli Tasarım, Bilgisayar Destekli Üretim, Seramik Tasarımı, Bilgisayar Sayımlı Yönetim	

Title of Thesis: Modeling of Relief Ceramic Tiles with Computer Aided Design Programs and Production Process	
Author: İsmail Özgür ERDEM	Supervisor: Assist. Prof. Dicle ÖNEY
Date: 06.08.2018	Nu. of pages: x (pre text) + 94 (main body)
Department: Ceramic and Glass	Subfield: Ceramic and Glass
In ceramic industry, computer aided manufacturing type is commonly used since it both minimizes the defects during modeling ceramic forms and enhances the quality while stepping up the modeling process. Although for about twenty or twenty-five years it has been commonly used in ceramic industry of our country, computer aided manufacturing has no feasibility in the ceramic departments of universities despite the computer aided lectures they have. For this reason, in this thesis study, it is aimed to integrate the technology used in this sector to ceramic education. Implementation of relief ceramic wall tiles, which is commonly produced in ceramic industry, forms the subject of this thesis study. In this context, the history of wall tiles, production techniques, the history of computer aided design and production, modeling and production methods, the implementation phases of the subject form the content of this study. In order to design the relief ceramic tiles with computer aided design programs and produce them, an application was made to Sakarya University Scientific Research Projects as a master's thesis project. In the implementation phase of this thesis, the CNC Router machine that was obtained within the scope of this project and the manual hydraulic press that was developed with personal opportunities are used. In the implementation phase, seven sketches are designed, two designs selected from these sketches are modeled on computer, duplicate molds of these models are designed with CNC Router and their production stages are stated. In addition, one design selected from the sketches is produced and its implementation results are stated.	
Keywords: Relief Ceramic Tiles, Computer Aided Design, Computer Aided Manufacturing, Ceramic Design, Computer Numerical Control	

GİRİŞ

Tasarım insanlığın var oluşundan itibaren hayatın içindedir. Yaşamın kaliteli hale gelebilmesi için iyi tasarımlar oluşturulmalıdır ve daha iyi tasarım için de yaratıcılığa ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarımı oluşturan materyaller teknolojinin yenilenerek gelişmesiyle sürekli değişmektedir. İnsanlığın ilk zamanlarında mağara duvarları tasarım oluşturmak için kullanılırken, deri tabakaların kullanılması ile tasarımlar taşınabilir yüzeyde oluşturulmaya başlanmıştır. Kâğıdın icadı ile imkânların da artmasıyla tasarımların kolay çoğaltılabilmesi mümkün olmuştur.

Bilgisayarların insan hayatına girmesiyle yeni bir tasarım ortamı oluşturulmuştur ve bununla birlikte elli yılı aşkın bir süredir bilgisayarlar tasarım amacıyla kullanılmaktadır. Teknik ve ticari anlamda tasarımın hızlı bir şekilde gelişmesinde bilgisayarların kullanımının büyük rolü vardır. Bilgisayar destekli tasarım olarak adlandırılan tasarım biçimi günümüz endüstri sektöründe bir modelin tasarımının oluşturulduğu, ayrıca yapılmış olan tasarımın geliştirilmesinin de yolunu açan önemli bir sistemdir. Günümüzde tasarımcıdan daha hızlı, daha çok ve daha kaliteli bir tasarım süreci beklenmektedir. Bilgisayar destekli tasarım sistemleri de bu istek doğrultusunda tasarımın oluşturulması sürecinde kolaylıklar sunarak üretim aşamasını hızlandırmaktadır.

Çeşitli endüstri sektörlerinde kullanılan bilgisayar destekli tasarım Türk seramik sektöründe de otuz yılı aşkın süredir tercih edilmektedir. Özellikle vitrifiye ve sofra eşyaları üretiminde ürünlerin modellenmeleri bilgisayar ortamında yapılmakta ve böylece oluşan tasarımsal hataların hızlı olarak bilgisayar ortamında düzeltilerek üretim aşamasına seri bir şekilde geçilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca bilgisayar destekli tasarımın, bilgisayar destekli üretim sistemleriyle uyumu çok daha kolay olduğundan bu sektörde hem tasarım hem de üretim kısmında bilgisayarların kullanımı gün geçtikçe çoğalmaktadır. Vitrifiye ve sofra eşyaları haricinde duvar ve yer karolarında da tercih edilen bilgisayar destekli tasarım programları ile modellerin boyutlandırılması, ön görünüm ve kontrolünün sağlanması aşamasında tasarımcıya kolaylık sağlamaktadır.

Çalışmanın Konusu

Rölyefli seramik karoların bilgisayar destekli tasarım programlarıyla modellenmesi ve üretilmesi bu tezin konusunu oluşturmaktadır. Tez içeriğinde seramik karoların tarihsel süreci ve üretim teknikleri hakkında bilgilendirme yapılmış, bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemlerinin gelişimi ve tarihsel süreci anlatılmış, son olarak bilgisayar destekli tasarım programıyla tasarlanan iki adet karo modelinin üretim aşamaları uygulamalarıyla birlikte aktarılmıştır. Buna ek olarak bir karo modeli daha üretilmiş ve sonuçları paylaşılmıştır.

Çalışmanın Önemi

Bilgisayar destekli üretim sistemleri birçok endüstri sektöründe olduğu gibi seramik sektöründe de uzun süredir kullanılmaktadır. İşletmeler ürün kalitesini artırmak, maliyeti düşürmek ve özellikle üretim sürecini hatasız bir şekilde hızlandırmak amacıyla bilgisayar sistemlerini kendi üretim sistemlerine uyumlu hale getirmişlerdir. Fakat sektörde var olan bu üretim biçimindeki gelişmelerin eğitimde materyal olarak eksikliği büyük oranda görülmektedir. Seramik sektörünün kullandığı bu üretim sisteminin endüstriyel seramik eğitime entegrasyonunu sağlamak bu tezin önemini oluşturmaktadır.

Çalışmanın Amacı

Yapılan tez çalışmasında seramik sektöründe var olan bilgisayar destekli tasarım ve üretim yöntemlerinin atölye ortamında kullanılarak rölyefli karoların üretilmesi, elle modellemede oluşabilecek hataların önüne geçilebilmesi, üretim hızının artırılmasına ek olarak bu olanakların eğitimde materyal olarak kullanılması ve mevcut endüstriyel seramik tasarımı eğitime katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Çalışmanın Yöntemi

Yapılan bu tez çalışmasında oluşturulan eskizler arasından seçilen iki adet karo modelinin bilgisayar destekli üç boyutlu modelleme programında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte modellemesi yapılan karoların üretim biçimine karar verilerek, teksir kalıp modellemesi yine bilgisayar ortamında oluşturulmuştur. Bilgisayar destekli tasarımın bilgisayar destekli üretim sistemiyle desteklenmesi için

Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında üniversitenin Seramik ve Cam Bölümü bünyesine 3 eksenli CNC Router makinesi alınarak modellemesi yapılan teksir kalıplar bu makinede işlenmiştir.

Atölye ortamında yaş pres ile baskı yapılabilmesi amacıyla hidrolik el presi olarak bilinen atölye presi temin edilmiştir. Pres, alt ve üst tabla eklenip revize edilerek ters bir biçimde kalıbın bağlanması sağlanmıştır. İşlenen teksir kalıp üzerine demir kalıp çerçevesi oturtularak pres alçısı ile kalıplama işlemi yapılmıştır. Kalıp prese bağlanmış ve karo modellerinin pres yardımıyla basılması tamamlanmıştır. Basılan karoların kurutulması, bisküvi pişirimi, sırlanması ve sırlı pişirimi sırasıyla yapılarak modeller üretilmiş ve uygulama tamamlanmıştır.

BÖLÜM 1: SERAMİK KAROLARIN TARİHSEL SÜRECİ VE KAROLARIN ÜRETİM TEKNİKLERİ

1.1. Seramik Karoların Tarihsel Süreci

Plastikliği ve seri üretime uygun yapısı ile hem endüstriyel alanda hem de sanatsal alanda sık kullanılan bir malzeme olan seramik tarihsel süreçte birçok uygarlık tarafından kullanılmıştır. “Seramik malzeme olarak ele alındığında, en basit tarifiyle yüksek sıcaklıkta pişirilmiş toprak demektir” (Saatçioğlu, 2012, s. 27).

Eski Mezopotamya, Pers, Suriye, Anadolu, Mısır, Girit, Indus Vadisi, Miken Kültürü, Yunan, Etrüsk Kültürü, Çin, Japonya, Kore, İspanya ve Amerika’da ilk ürünlerini vermiş olan seramik üretimi estetik değerler göz önünde bulundurularak ve farklı tekniklerle değişerek insan yaşamındaki güncelliğini korumuştur (Özen, 1993: 3).

Tarihsel süreçte günlük ihtiyaçların karşılanması için kullanılan kap kacağın yanı sıra mimaride de seramik tuğla ve karoların kullanımına sıkça rastlanmaktadır. Bu süreçte, seramiğin mimaride kullanımı ve kullanılan malzemenin fiziksel özellikleri değişiklikler göstermiştir.

“Uygarlık evresinin ilk çağlarından başlayarak taş ve ahşabın zor elde edildiği Mezopotamya, Sind ve Harzem gibi bölgelerde yapıların gerek taşıyıcı duvar gerekse örtü sistemlerinde kullanılabilecek bir malzeme olmaları nedeniyle önce kerpiç, sonrasında da tuğlanın ilk çağlardan başlamak üzere yaygın bir kullanım alanı olduğu görülür. Bu kullanım alanı, Anadolu’da ve yakın çevresinde önce kerpiç, sonra da kerpicing pişirilmesi ile elde edilen tuğla ile yapılan uygulamalara bakıldığında öncelikle yapısal ve sonrasında süsleme amacıyla kullanım olmak üzere iki yönlü bir gelişim görülür” (Tutal ve Gökaltun, 2002: 7).

Seramiğin yapı malzemesi olarak ilk kullanımının kerpiç* olduğu bilinmektedir. Kerpiç, yerleşik yaşama geçiş sürecinde insanların barınma ihtiyacını giderme aşamasında doğada hazır halde bulunan çamurun sazlar üzerine sıvanması ile M.Ö. 8000 yıllarında duvar yapımında kullanılmaya başlanmıştır. Boz ve kırmızı renklerdeki kil başlangıçta el ile ekmek somunu şeklinde yapılırken sonrasında kare ya da dikdörtgen ahşap

* **Kerpiç:** Yeterli oranda kil ve su içeren toprağın, gerektiğinde içine bağlayıcı maddeler, doğal lifler ve saman katılmasıyla elde edilen harcın, prizmatik kalıplarda biçimlendirilerek açık havada önce gölgede, sonra güneşte kurutulmasıyla üretilen ve duvar biçimlendirilmesinde kullanılan yapı ögesidir” (Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, 1997, s. 997).

kalıplarda şekillendirilip güneşte kurutularak ve üst üste dizilerek kullanılmıştır (Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, 1997: 1823).

Ancak zamanla kerpicingin çözünabilir yapısı nedeniyle yağmur ve rüzgâr gibi doğa şartlarına dayanıksız olması insanları farklı teknikler geliştirmeye yönlendirmiştir.

Örneğin, Sümerler M.Ö. 4000 yıllarında kerpici fırınlarak dayanıklılığını ve hava şartlarına direncini arttırmışlardır. Bu aşamadan sonra da küçük boyutlarda tuğlalar üretmeye başlamışlardır (Weinhold, 1987: 56). Fakat “fırınlama işleminin zorlukları, uzun bir süre tuğlanın sadece anıtsal yapılarda kerpiçle birlikte kullanılmasına neden olmuştur. Sümer ve Babil uygarlıklarında görülen zigguratlar* (h=15-90m) ve basamaklı kuleler, bu birlikteliğin en ileri örnekleridir. Dolu gövdeli bu eserlerin iç kısmında kerpiç, dış kısmında ise tuğla kullanılmıştır” (Çil, 2002: 115). Babil Kulesi pişmiş seramik tuğlanın sistematik biçimde kullanıldığı ilk yapı olarak bilinmektedir.



Görsel 1 : Ur Zigguratı, Dhi Qar şehri, Irak

Kaynak: <https://www.ancient-origins.net/ancient-places-asia/great-ziggurat-ur-001767> (17 Mayıs 2018)

* **Ziggurat:** Mezopotamya’ da tepeye doğru daralarak yükselen katlarıyla basamaklı piramit biçiminde, kare planlı kule (Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, 1997: 1966).



Görsel 2 : Khaju Köprüsü 17. YY İsfahan, İran

Kaynak: <http://soupoffun.com/wp-content/uploads/2016/05/khaju-bridge-isfahan-iran.jpg>
(19 Mayıs 2018)

Tekniklerin geliştirilmesi ile birlikte tuğla, taşıyıcı yapı malzemesi olarak kullanılmasının yanı sıra yapıların yüzeylerini kaplamak amacıyla karo olarak da kullanılmıştır.

Karolar modüler olarak yerleşim alternatifleri sunduğundan sınırlı ya da sonsuz düzenleme yapılabilir. Dayanıklılığı ve kaplanan yapıyı koruma özelliği olan birimlerdir. Farklı medeniyetlerde gerek yapıya estetik bir değer katması gerekse sosyo-ekonomik ve politik bir olguyu ifade etme aracı olarak kullanılmışlardır.

Karonun modüler olarak ilk kullanımı M.Ö.4000'de Doğu Akdeniz'de başladığı bilinmektedir. Mısırlıların M.Ö. 2630-2611 arasında Kral Zoser döneminde Sakkara'daki piramit mezarlarını firuze tuğlalarla süslediği görülmektedir. Asurlular Kral Sargon Sarayını (M.Ö. 722-705), Babil'liler Nabukandazar II. Döneminde İhtar kapısını (M.Ö. 604-562), antik İran'da da Daryus döneminde Susa ve Persepolis kentlerinde (M.Ö. 521-468) eserleri rölyefli ve renkli sırlı tuğlalarla dekorlamışlardır (Giorgini, 1994, s. 8). Mısırlıların mezar odalarını kaplayan bu tuğlalar çini karoların ilk örneklerindendir.



Görsel 3 : Kral Zoser Dönemi, Sakkara Piramit Mezarı ve Sırlı Tuğla Örneği, (M.Ö. 2630-2611)

Kaynak: <http://www.ancientresource.com/lots/egyptian/old-kingdom-faience-tomb-artifacts.html> (19 Mayıs 2018)

“İran’da Ahmenid kralları (M.Ö.550-330) Susa’daki saraylarını benzer şekilde renkli tuğla ve çinilerle kaplamışlardır. M.Ö. 4. yüzyılda Büyük İskender’in İran’ı istilasından sonra Yakın Doğu’da çini karolarla mimari kaplama anlayışı uzun bir dönem için son bulmuştur. Anadolu’da M.Ö. 8 – 6. Yüzyıllarda Friglerin sırsız karoları boyayarak ve kabartmalarla dekorladıkları görülür” (Öney, 1976: 13).



Görsel 4 : Muhafız Kabartmaları, Daryus Sarayı, Susa (M.Ö. 510)

Kaynak: <http://www.ancientresource.com/lots/egyptian/old-kingdom-faience-tomb-artifacts.html> (20 Mayıs 2018)

Babil döneminde İştar kapısında kullanılan bu sırlı tuğlaların yüzeylerinde kabartma kullanıldığı görölmektedir. Tanrıça İştar adına yaptırılmış olan kapıda tanrı Adad'ın kutsal hayvanı boğa ve Babil'in baş tanrısı olan Marduk'un kutsal hayvanı ejder kabartmaları işlenmiştir. Tanrıça İştar'ın kutsal hayvanı aslan kabartmalı sırlı karolar da tören yolu boyunca devam eden duvarı kaplamaktadır.



Görsel 5 : İştar Kapısı ve Rölyef Detayı, Pergamon Müzesi, Berlin, ALMANYA (M.Ö. 604-562)

Kaynak: <https://artsandculture.google.com/search/asset/?p=pergamonmuseum-staatliche-museen-zu-berlin&em=m01cbzq&categoryId=medium&hl=de> (20 Mayıs 2018)

Seramiğin 7. yüzyıldan sonra Mezopotamya ve çevre kültürlerinde yapı ve dekoratif açıdan yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Uygurlar ve Karahanlılar tarafından kullanılan çini sanatı ile seramik, kaplama malzemesi olarak yeniden kullanılmaya başlanmıştır. 1911-13 yılları arasında Alman Arkeoloji Enstitüsü'nün Samarra kentinde yapmış olduğu kazılarda Abbasiler tarafından yeni bir teknik olan lüster* tekniğı ile yapılmış çini karolar bulunmuştur (Sevim ve Özer, 2011: 388).

Anadolu'da ise çini kullanımının 11. yüzyılda Selçukluların İran'dan Anadolu'ya girmesiyle başladığı bilinmektedir. "13. yüzyılda geniş topraklara ve güçlü devlete sahip olan Selçuklular, Anadolu'da ilk olarak mimaride çiniyi kullanmaya başladılar. Bu devirde camiler, mescitler, medrese ve türbeler ile birlikte sarayların da büyük ölçüde çinilerle, çini mozaik ve sırlı tuğlalarla süslendiğı bilinmektedir" (Gülaçtı, 2015: 34-35).

* **Lüster:** "Parıltı, ışıltı anlamı taşımaktadır. Pırıltılı, renkli bir yüzey efekti olarak tanımlanmaktadır" (Çizer, 2010: 11).

Selçuklu mimarisinde sırlı ve sırsız tuğlalar dikey, yatay ve çapraz şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Tuğlalar kobalt mavi, patlıcan moru ve firuze renkli sırlarla renklendirilmiştir. Düz ve bezemeli çiniler geometrik şekillerde; üçgen, kare, dikdörtgen ve altıgen olarak tuğlaların yanında yer aldığı görülmektedir.

İslam ülkelerinde gelişen çini ve seramik kullanımı, Arapların İspanya üzerinden Avrupa'ya geçişleri ile 9. yüzyılda İspanya, İtalya ve birçok Avrupa ülkelerine yayılmıştır (Arcasoy, 1983: 2). Çini olarak tanımladığımız sırlı, renkli ve dekorlu duvar kaplamalarına Avrupa'da genel olarak fayans adı verilmektedir.

İtalya'da fayans olarak üretilen duvar karoları, farklı uygarlıklarda farklı gelişimler göstermiştir. İspanya Majorka Adası'nda üretilen mayolika ve cuenca karolarının ardından, yine Hollanda'da kalay sırlı Delf karoları, İngiltere'de ise Victorian döneminde farklı özelliklerde karolar kullanılmıştır. 19. Yüzyılda gerçekleşen sanayi devrimi sonrası üretimi kolaylaşıp hızlanan karolar, modüler seramik malzemeler olarak ev ve iş yerlerinde iç ve dış mekânların yer ve duvar kaplamasında kullanılmaktadır (Giorgini, 1994: 8-12).



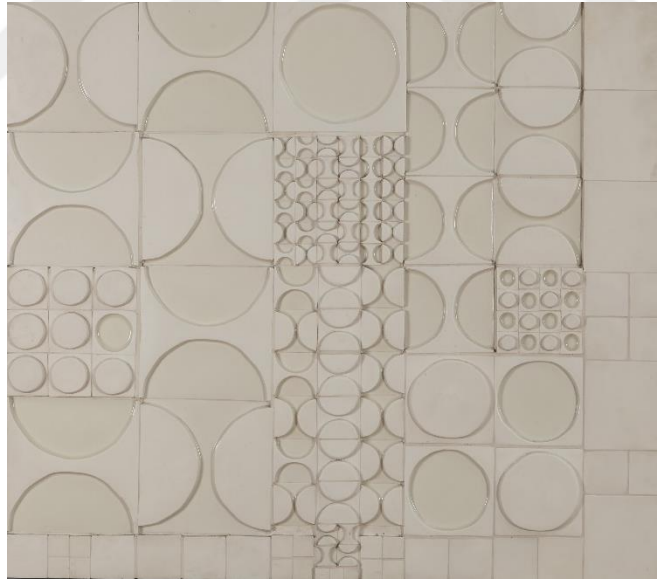
Görsel 6 : Mayolika Tekniği İle Yapılmış Karolar Valencia, İSPANYA (M.S. 1425 – 1450)

Kaynak: <https://fineartamerica.com/featured/tile-floor-unknown-manises-probably-valencia-region-litz-collection.html> (21 Mayıs 2018)

1.2. Seramik Karolarda Rölyef Kullanımı

“Yüzeylerinde farklı yüksekliklerde rölyef* bulunduran karolar rölyefli karo olarak adlandırılır” (Karagül, 2003: 79). Dekor tekniklerinden biri olarak kullanılan rölyef, insanlığın seramiği biçimlendirmesiyle başlamış ve mimari yapılarda yaygın bir biçimde kullanılmıştır. Rölyefli karoların üzerinde bulunan farklı yükseklikteki kabartmalar, ışık gölge farkını bizlere göstermektedir. Rölyefleri yüksekliklerine göre ikiye ayırabiliriz.

“Alçak rölyefli ve yüksek rölyefli olarak adlandırabileceğimiz bu iki grupta yer alan karolar, kendi içlerinde de yükseklik farklarına göre değerlendirilirler. Alçak rölyef olarak başlayan yüzey hareketi, karo bütününde organik bir bağlantıyla yüksek rölyef olarak devam edebilir. Bu devamlılık alçak rölyef olarak da sonlanabileceği gibi bunun tersi de olabilmektedir. Tasarımlarda izlenebilecek bir diğer yöntem ise, rölyef yüksekliklerindeki devamlılığın, organik bağlantılarla sağlanmayıp, geometrik bölünmelerle gerçekleştirilmesidir” (Karagül, 2003: 80).



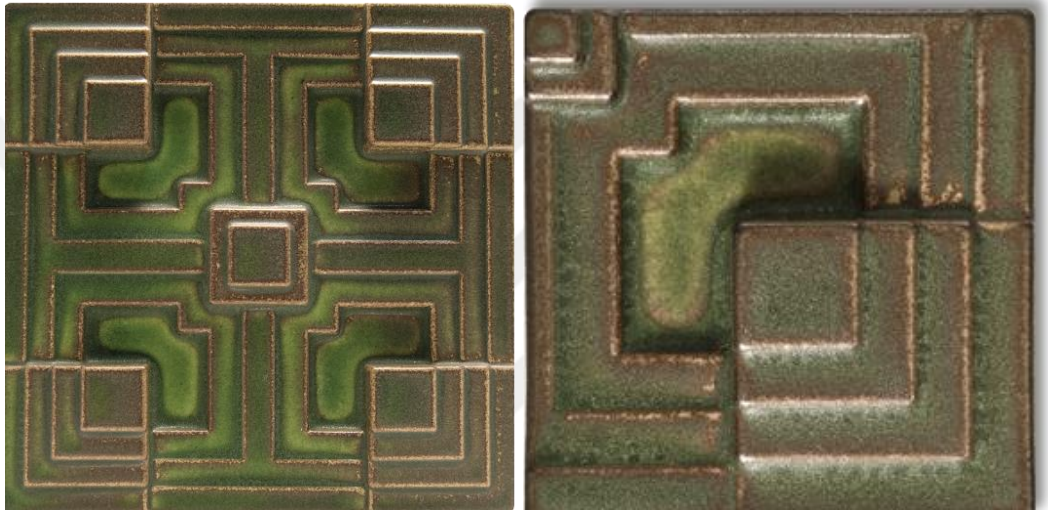
Görsel 7 : Rut Byrk 1960 Rölyefli Karolarla Oluşturulmuş Kompozisyon

Kaynak: <https://i.pinimg.com/originals/da/63/6c/da636cc297925da3ee873a9f36b26fb4.jpg> (22 Mayıs 2018)

* **Rölyef:** “Kabartma, İtal. “relievo” sözcüğünden gelmekte olup heykel sanatının bir çeşididir. Bir yüzeyin alçaklı yüksekli şekillendirilerek, bir biçimin ortaya çıkarılmasıdır” (Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, 1997: 925).

Rölyefli karolar genellikle kare, dikdörtgen, beşgen gibi çokgenlerden oluşmaktadır. Geometrik tabanlı karoların yan yana ve üst üste dizilmesiyle çeşitli kompozisyonlar yapılabilmektedir.

Temel bir geometrik formdan yola çıkılarak bu formun kendi içinde bölünmesiyle veya parçalar eklenip çıkarılmasıyla oluşturulacak formlarla da rölyefli karolar üretilebilir (Karagül, 2003: 80). İç ve dış mekânda kullanılabilen bu karolar estetik değer katması sebebiyle mimaride oldukça tercih edilmektedir.



Görsel 8 : Frank Lloyd, Rölyefli Karo

Kaynak: <https://www.motawi.com/collections/frank-lloyd-wright-relief-tile> (22 Mayıs 2018)

1.3. Rölyefli Seramik Karoların Üretim Teknikleri

Seramik karoların üretiminde gerek üretim hızını artırmak gerekse estetik açıdan değer kazanmasını sağlamak amacı ile farklı üretim metotları kullanılmıştır. Bu üretim teknikleri elle (plastik) şekillendirme, kalıp ile şekillendirme ve pres ile şekillendirme olarak ayrılabilir.

1.3.1. Elle (Plastik) Şekillendirme

Elle şekillendirme, modellerin el becerisi ile yapıldığı biçimlendirme çeşitlerine verilen genel tanımdır. Çömlekçi çarkında elle şekillendirmenin yanı sıra plaka (levha) yöntemi, çimdik yöntemi, fitil (sucuk) yöntemi ve şablonla şekillendirme yöntemi

olarak sınıflandırabiliriz. Birim tekrarı olmayan, amorf (biçimsiz) bir model yapılacak ise bu teknikler tercih edilebilir. Karolar oluşturulurken çeşitli elle şekillendirme yöntemleri kullanılabilir. Fakat karoların üretiminde dik kenarlı ve geometrik formların yapımında kullanılan plaka yöntemi daha çok tercih edilmektedir.



Görsel 9 : Füreya Koral, Elle Şekillendirme Yöntemi İle Yapılmış Karolardan Oluşan Duvar Panosu

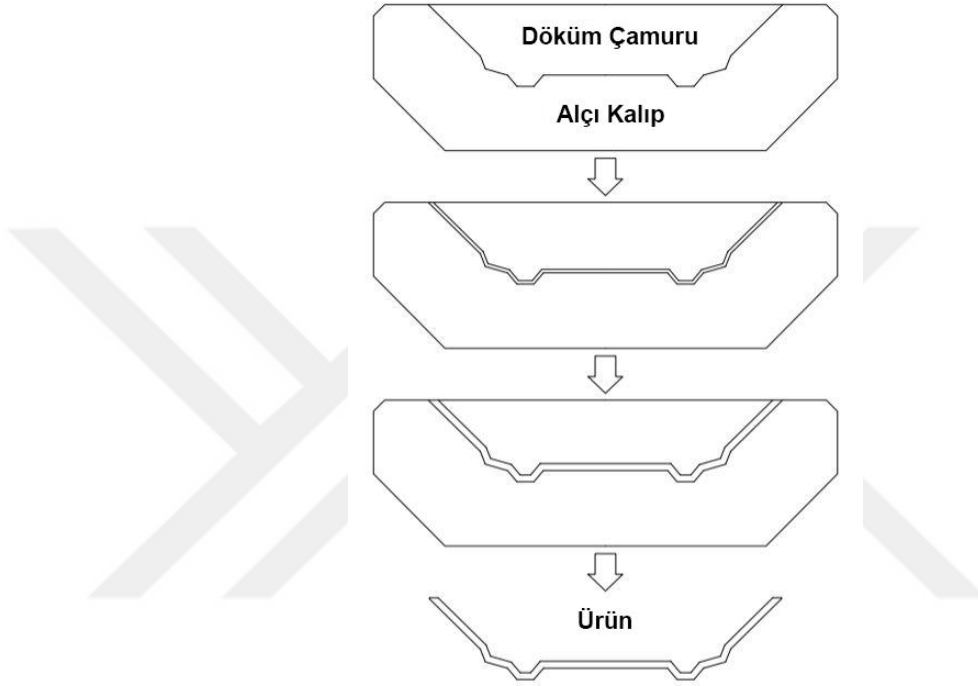
Kaynak: <https://nurtendemirel.blogspot.com/2012/12/ilk-kadin-seramik-sanatcimiz-fureyya.html> (24 Mayıs 2018)

1.3.2. Kalıp İle Şekillendirme

Birden fazla üretimi olan, seri üretim amacıyla yapılan modeller kalıp yardımıyla çoğaltılabilir. Üretilen modellerin kalıpları seramik üretiminde yardımcı malzeme olan alçı ile yapılır. Kalıp ile şekillendirme tekniği açık ve kapalı olmak üzere; döküm ile şekillendirme, alçı çarkında kalıp veya şablon ile şekillendirme, kalıba basma ile şekillendirme yöntemleri olarak sınıflandırabiliriz. Düşük ölçekli işletmeler alçının düşük maliyetinden dolayı kalıp ile şekillendirmeyi tercih ederler. Üretilen karonun

uygulanacağı alandaki fiziksel dayanımına ve biçimlendirilen çamurun özelliklerine göre kullanılacak olan kalıplar farklılık gösterir.

“Kalıp şekline getirilmiş alçı maddesinin gözenekli oluşu nedeni ile kalıpta oluşan su emme yeteneği, kalıbın içine dökülen döküm çamurunun suyunu emerek, şekillendirme işlemini herhangi bir yardımcı alet olmaksızın sürdürür” (Arcasoy, 1983: 74-75).



Şekil 1 : Açık Döküm İle Şekillendirme
(Çizim: İsmail Özgür Erdem)

Açık döküm ile şekillendirmede döküm yapılan çamur üretim kalıbının tek yüzeyine temas eder ve tek yönden kalınlık alır. Gerekli olan kalınlık oluşturulduktan sonra kalıba doldurulan çamur geri boşaltılarak, seramik ürünün kalınlığı belirlenmiş olur. Ürünün kalınlığı göze dayalı bir unsur olarak karşımıza çıkar.



Görsel 10 : Açık Döküm İle Şekillendirme

Kaynak:

<https://static1.squarespace.com/static/535fdea0e4b07fe21eb4e914/t/5390c280e4b02b3118d38c0e/1401995906508/slip+into+molds.JPG?format=1500w> (26 Mayıs 2018)

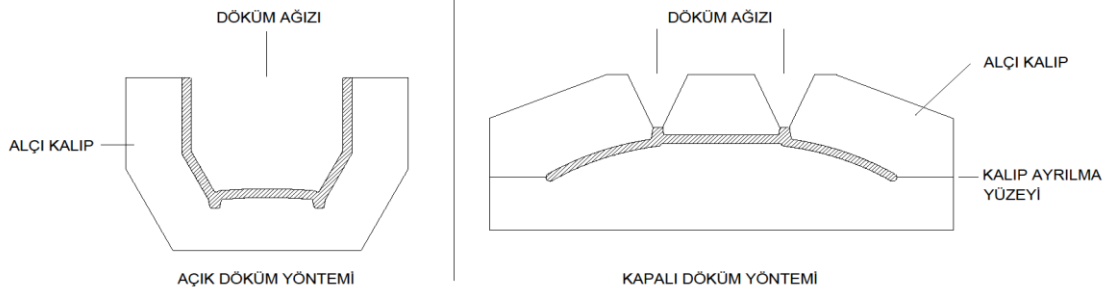
Kapalı döküm ile şekillendirmede ise çamur, üretim kalıbının tüm yüzeyinde kalınlık alır. Kalıbın iç boşluğundaki alanı dolduran çamur seramik ürünü oluşturur. Kalıp yüzeyi sabit düzgün bir yapıya sahip olduğundan kalıp çizgilerini oluşturan kısımlardaki çapaklar haricinde ürünün yüzeyinde düzeltmeye ihtiyaç duyulmaz.



Görsel 11: Kapalı Döküm İle Şekillendirme

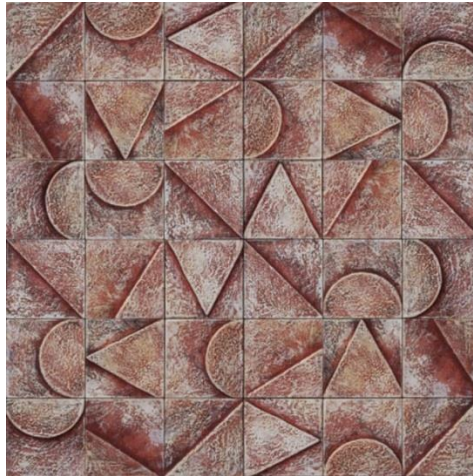
Kaynak: <https://thecastingfloor.wordpress.com> (26 Mayıs 2018)

Açık ve kapalı döküm yöntemiyle üretilen karolar darbelere dayanıksız olabileceği için yer kaplaması olarak kullanılmaya uygun değildir. Dökümü yapılmış karoların iç kısımlarında oluşabilecek boşluklar nedeniyle kırılma olasılığı fazladır.



Şekil 2 : Açık ve Kapalı Döküm İle Şekillendirme
(Çizim: İsmail Özgür Erdem)

İç mekânda duvar yüzeyini kaplayacak olan karolar açık veya kapalı döküm kalıplarıyla yapılmasının yanı sıra kalıba elle yarı yaş çamurun basılması ile de üretilebilir. Bu yöntem duvar karoları üretiminde kullanıldığı gibi yer karolarını üretmek için de kullanılabilir. Ancak dayanıklı bir yapıya sahip olamayacağından yer karolarının üretiminde tercih edilmez. Üretimi yapılacak mamulün hızlı çoğaltılması için küçük ölçekli seramik atölyeleri bu yöntemi oldukça kullanmaktadır.



Görsel 12: Kalıp İle Şekillendirilmiş Karolar

Kaynak: <https://www.lakemanceramic.com/products/deco-tile/geometric-design/dt-geo-cuban.html> (26 Mayıs 2018)

1.3.3. Pres İle Şekillendirme

Pres ile şekillendirme kısaca çamurun belirli bir basınçla iki kalıp arasında sıkıştırılması işlemidir. Şekillendirilecek çamurun özelliklerine göre kuru presleme, yarı yaş presleme ve plastik presleme olarak sınıflandırılabilir.

Kuru presleme hafif nemlendirilmiş toz granül haldeki çamur karışımlarının metal yüzeyli kalıplarda sıkıştırılması ile ürünün biçimlendirilmesidir. Bu yöntemle yapılan şekillendirme otomatik pres makinalarında yapıldığından diğer üretim metotlarına göre çok daha hızlı karo üretimi yapılabilmektedir. “Ateş tuğlası, karo fayanslar, yer karoları, elektro porselen vb. bu yöntemle şekillendirilir. Bu tür şekillendirmede çamur plastik değildir. Mamulün kuru dayanımı preslemeden sonra oluşur. Kuru preslemede, preslerin basıncı ortalama olarak 150 kg/cm^2 ’dir” (Ayda, 2001: 20).



Görsel 13: Kuru Presleme İle Şekillendirme

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=jLJbD9koZLA> (29 Mayıs 2018)

Yarı yaş presleme ile şekillendirmede çamur kısmen plastik yapıdadır. Plastik çamur, hidrolik pres makinasında iki alçı kalıp arasında veya bir alçı kalıp ile makine tablası arasında sıkıştırılarak ürün elde edilir. Yarı yaş preslemedeki üretim hızı kuru presleme işlemine göre daha düşüktür. Fakat kuru pres makinalarının maliyetli yapısı nedeniyle küçük ölçekli işletmelerde genellikle bu yöntem kullanılır. Bu yöntemle rölyefli duvar ve yer kaplama karoları ile rölyefli geometrik tabaklar biçimlendirilebilmektedir.



Görsel 14: Seramik Ram Pres

Kaynak: <http://kalan.com.tr/wp-content/uploads/2016/11/30-Ton-Pres.png> (29 Mayıs 2018)

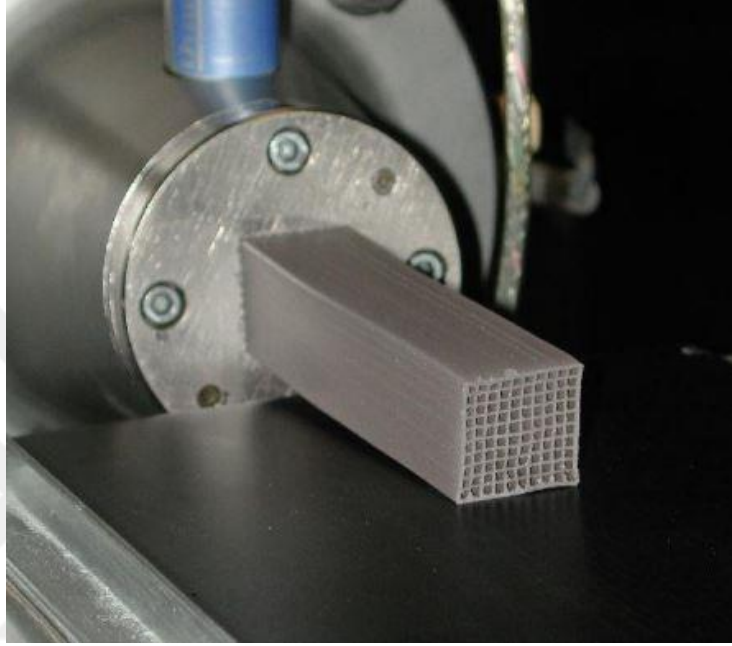
Enjeksiyon presleme olarak ta tanımlanan plastik presleme yönteminin çalışma prensibi, sonsuz dişli bir burgu aracılığıyla sıkıştırılan plastik çamurun, makinanın daralan ağız kısmına takılan istenen kesiti veren ağızlıklardan şekillenerek çıkması esasına dayanır (Arcasoy, 1983: 71).



Görsel 15: Ağızlıklılı Vakum Pres

Kaynak: <http://www.altanmakina.com/site-resimleri/7399d479f2493f0198ffd8b79b683945-bd-normal.jpg> (29 Mayıs 2018)

“Ağızlıklı preslerde, plastik çamurun içindeki hava, özel bir sistem ile alınabilir. Bu presler ‘vakum pres’ olarak adlandırılırlar. Bu preslere ağızlık takılıp şekillendirme yapılabilir” (Arcasoy, 1983: 72). Enjeksiyon pres olarak ta adlandırılan bu presin ağzına takılan bu çeşitli ağızlıklarla her çapta silindirik parçalar, silindirik borular, kiremitler, plakalar ve tüm tuğla çeşitleri üretilebilir.



Görsel 16: Ağızlıklı Vakum (Enjeksiyon) Presleme

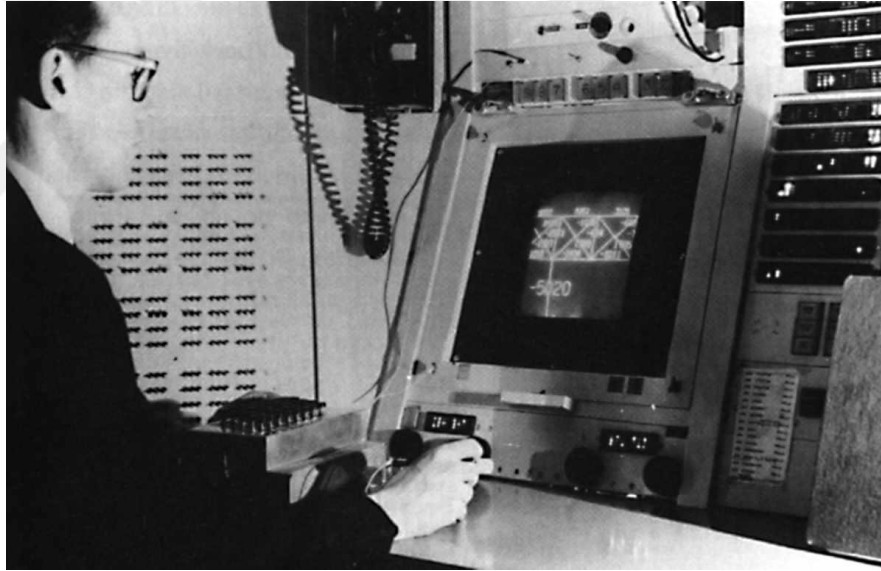
Kaynak: https://www.researchgate.net/figure/Fabrication-of-a-ceramic-monolith-by-extrusion_fig4_263278770 (29 Mayıs 2018)

BÖLÜM 2: BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM

2.1. Bilgisayar Destekli Tasarımın Tarihi

Bilgisayarlar, altmış yıla yakın süredir tasarım amacıyla kullanılmaktadır. Tasarımda aktif rol oynayan bilgisayar sisteminin oluşturulması ile teknik ve ticari anlamda tasarım oldukça hızlı geliştirilmiştir.

İlk olarak 1960'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT) bilgisayarın tasarım aracı olarak kullanımı için doktora öğrencisi olan Ivan Edward Sutherland ve hocası Prof. Stephen Anson Coons çalışmalara başlamıştır. Kendi enstitülerinde geliştirilen TX-2 adı verilen bir bilgisayarı bu çalışmalarında kullanmışlardır (Bozdoc, 2006).

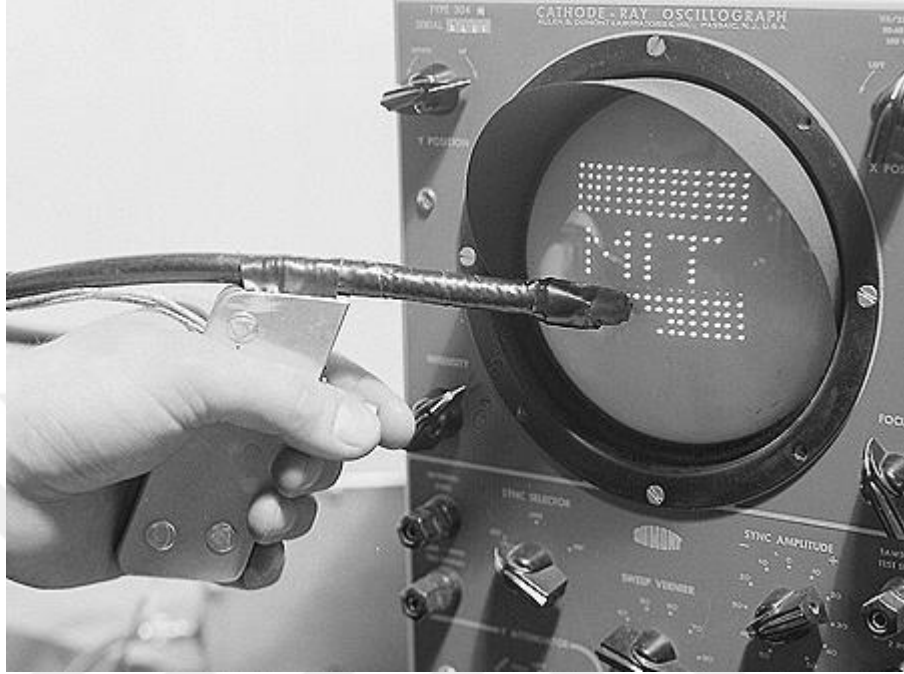


Görsel 17: Ivan Edward Sutherland, Tx2 Bilgisayar

Kaynak: <https://www.iprogrammer.info/images/stories/ComputerCreators/Sutherland/TX2B.JPG> (1 Haziran 2018)

TX-2 ile ilk kez bir bilgisayardan grafik bilgiyi çıktı alabilmek için radar monitörü sayısal hale getirilmiştir. Bu bilgileri veri olarak girebilmek amacıyla bir ışık kalem tasarlanıp üretilmiş ve 'Ring Structure' ismiyle yeni bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanının, sisteme eklenmiş olan bir çizginin hangi noktasından diğer bir çizgiye bağlı olduğunu gösteren betimsel bilgiyi hiyerarşik düzende saklama kabiliyeti vardı.

Böylece Sutherland, Sketchpad adını verdiği sistemin donanımını ve yazılımını geliştirmiş oldu.



Görsel 18: Işık Kalem

Kaynak: https://www.pcmag.com/encyclopedia_images/_LTPNMIT.GIF (1 Haziran 2018)

Sutherland' in bu çalışması bir araştırma raporu olarak 30 Ocak, 1963'de yayınlandığı zaman büyük ses getirdi. Çünkü ilk defa görüntülü, etkileşimli bir sistem yeni girdi ve çıktı aygıtlarının da yardımı ile yazılımı ile birlikte tasarımcıların kullanımına sunuluyordu. Bu nedenle bu tarih, Bilgisayar Destekli Tasarımın (BDT- CAD: Computer Aided Design) doğum tarihi olarak bilinir (Neğiş, 2006: 3).

“Bu gelişmeleri yakından takip eden Amerikan ordusunun da desteklediği projelerle bilgisayar destekli tasarım kavramı ticari ve teknik anlamda hızlı bir gelişim göstermiştir” (Türkel, 2008: 27).

1960'lı yılların ortalarında bilgisayarlar küçülmüş ve hızlı bir yapı kazanmıştır. Aynı zamanda bilgisayar üreticileri grafik ekranlar, klavye, ışık kalemleri, mouse ve yazıcı gibi BDT için gerekli olan çevre birimlerini geliştirmiş ve kullanıma sunmuştur. Fakat bu sistem için yazılım daha önemliydi bu sebeple yazılım için gerekli geliştirmeleri bu teknolojinin ilk ve en önemli kullanıcıları olan uzay-havacılık şirketleri yapmıştır.

1970’li yıllarda bilgisayarların tümleşik devrelerle hızları ve işlem güçlerinin artmasıyla Bilgisayar Destekli Tasarım büyük üretim şirketlerince kullanılmaya başlamıştır. İlk kişisel bilgisayar 1978 yılında Apple şirketi ve 1981 yılında da IBM şirketi tarafından üretilmiştir (Neğiş, 2006). Böylece bilgisayar destekli tasarım için devrim yaratan bu gelişmeler sayesinde tüm tasarım kuruluşlarında bu bilgisayarlar kullanılmaya başlanmıştır.



Görsel 19: IBM tarafından 1981 yılında üretilen kişisel bilgisayar

Kaynak: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/69/IBM_PC_5150.jpg (1 Haziran 2018)

“1970’lerden başlayarak, bilgisayar destekli sunum bilimsel gayretlerle değişerek tasarım adına ekonomik olarak vazgeçilmez olan bir araç haline gelmiştir. Bu dönemde pek çok programda ortak olarak kullanılan biçimler, çizilmiş olan geometrik biçimlerin görünümelerini kontrol eden komutlar ve “modifiers” olarak adlandırılan çevirme, aynalama, sıralama gibi değiştirme komutları da eklenmiştir. Komutlar, klavye ve mouse aracılığıyla verilebilir duruma gelmiştir. Belki de en önemlisi üç boyutlu modelleme teknikleri, üretim grafikleri yazılımlarının anahtar parçası haline gelmiştir” (Türkel, 2008: 27).

1980’li yıllara gelindiğinde bilgisayarlarda katı (solid) modelleme yöntemleri geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Katı modelleme sayesinde oluşturulan nesneyi görsel anlamda üç boyutlu ve hacimli şekilde gerçeklik hissiyle görmek

mümkün olmuştur. 1982 yılında günümüzdeki en güçlü yazılım üreticilerinden biri olan Autodesk'in kuruluşuyla hız kazanan BDT sistemlerinin 1990'lı yıllarda kişisel bilgisayarların da çoğalmasıyla birlikte yaygın kullanımı mümkün olmuştur. Günümüze kadar gelişimini sürdüren BDT sistemi sürekli geliştirilerek eklenen yeniliklerle pek çok alanda kullanılmaya devam etmektedir.

2.2. Bilgisayar Destekli Tasarımın Yararları

Tasarım amacıyla bilgisayarların kullanımı oldukça pratik ve akılcı çözümler üretilbildiğinden temel ihtiyaç haline gelmiştir. Bilgisayarların donanım ve yazılım anlamında teknolojik açıdan günümüze kadar ilerlemesiyle birlikte tasarım becerileri oldukça gelişmiştir. İlk zamanlarında iki boyutlu geometrik ve çizgisel şekiller çizilebilirken son zamanlardaki gelişimiyle birlikte üç boyutlu formların hızlı bir biçimde farklı tekniklerle çizilebilmesi tasarım açısından büyük bir gelişme olarak görülmektedir. Bilgisayar destekli tasarımın üretim sürecine ve tasarımcıya birtakım yararlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- 1- Tasarımın oluşturulmasındaki süreyi oldukça kısaltır ve hızlandırır. Buna bağlı olarak üretim gücü artar. El ile çizimi yapılan modellemeye göre daha hızlı çizim yapılacağından bütün tasarım süreci hızlanır.
- 2- Tasarımın istenen ölçülerdeki detaylarının hızlı ve kolay bir şekilde yapılması ile tasarımın kalitesi artar.
- 3- Model görsel olarak iyi ifade edilebildiğinden tasarımın doğru anlaşılmasını sağlar.
- 4- Geleneksel çizime müdahalede yaşanan zorlukların aksine BDT ile yapılan ürün tasarımları üzerinde düzeltmeler çok daha kolay yapılabilindiğinden üretim aşamasına geçilmeden hataların düzeltilmesi açısından kolaylık sağlar.
- 5- Tasarlanan modelin çizim aşamasında ve üretiminde büyültme, küçültme vb. ölçü değişiklikleri kolaylıkla yapılabilir.
- 6- Tasarımı yapılan modelin tüm görünüşlerdeki teknik çizimi kolaylıkla oluşturulur. Çizimlerdeki hatalar asgari düzeye indirilebilir ve tasarımlarda doğruluk ve standart azami düzeyde artırılır.

- 7- Bilgisayarda yapılan tasarımda ekleme ve çıkarma gibi değişiklikler daha kolay yapılabilirdiğinden nihai tasarım sonrasında alınacak çıktıdaki çizgiler hatasız bir şekilde elde edilir.
- 8- Modelin görsel bilgileri bilgisayar belleğinde saklanabildiğinden yıpranma ve eskime tehlikesi fazla olan kâğıdın üzerinde oluşturulan çizimlerin arşivlemesine göre daha avantajlıdır.
- 9- Yapılan karmaşık tasarımların bilgisayar destekli üretim sisteminde üretim aşamalarını kolaylaştırır.
- 10- Bilgisayar ortamında yapılabilen analizler sayesinde üretim aşamasında kullanılacak malzemenin gereğinden fazla kullanılmasının önüne geçilir.

2.3. Bilgisayar Destekli Tasarımda Modelleme Yöntemleri

Bilgisayar teknolojisinin olmadığı ortamlarda, ürünlerin önce ilk örnekleri üretilir ve tüm analiz işlemleri bu ilk örnekler üzerinden ölçülürdü. Bu uygulama, kullanılan malzemenin ve zamanın boşa kullanımına sebep olurdu. Fakat günümüzde Bilgisayar Destekli Tasarım ile oluşturulan nesnelerin bütün analizleri bilgisayar programlarında net bir şekilde yapılmaktadır (Bağcı, 2004: 193).

Bir modelin tasarımı ve üretimi için bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (BDÜ) sistemini kullanmanın ilk adımı geometrik modellemedir. Bu, bilgisayar hafızasındaki bir ögenin biçimini ve ölçüsünü sunmak için geometrik iki boyutlu bir modelin yaratılması işlemiyle başlar. Daha sonra üç boyutlu biçimlendirmede kullanılabilecek olan geometrik modelleme yöntemi ürün tasarımının ve üretim sürecinin başlangıcı olduğundan beri Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim' in önemli bir aşaması haline gelmiştir (Türkel, 2008: 48-49).

Böylece Bilgisayar Destekli Tasarımda modelleme yöntemleri iki boyutlu ve üç boyutlu olmak üzere iki ana başlıkta sınıflandırılabilir.

2.3.1. İki Boyutlu Modelleme Biçimleri

İki boyutlu modelleme biçimi çizilen bir modelin her bir görünümünün (üst, ön, sol, sağ, alt ve perspektif) iki boyutlu olarak görüntülendiği çok görünümlü biçim veya nesnenin üç boyutunu da gösteren iki boyutlu düzlemdeki basit görünümüdür (Türkel, 2008: 31-32). BDT’de oluşturulan en kolay model iki boyutlu modeldir. Bütün görünüşleri bir düzlemde gösterilebilir fakat modelin tüm biçimsel özellikleri görülemeyebilir. Modelin üretimi sırasında oluşabilecek hatalar iki boyutlu modelleme aşamasında fark edilemeyebilir ve üretim sonucunda hatalarla karşılaşılabilir. Bu hataları daha öncesinde görebilmek ve eksikliği giderebilmek amacıyla üç boyutlu tasarım programları daha sıklıkta tercih edilmektedir.

2.3.2. Üç Boyutlu Modelleme Biçimleri

Üç boyutlu modelleme öncelikle mühendislik olmak üzere birçok alanda yaygın olarak kullanılabilmektedir. Bilgisayar destekli tasarımda bir ürünün modellenmesinde, tasarımın görsel olarak sunulmasında, analiz yazılımlarının kullanılmasından önce veri hazırlamada, analiz yazılımlarının kullanılmasından sonra sonuçların değerlendirilmesinde ve bilgisayar destekli üretimde kullanılabilir (Gökler, 1991: 1).

İki boyutlu bir modelleme ile oluşturulan ürünün üç boyutlu olarak algılanabilmesi zordur. Üç boyutlu modelleme yöntemleri ile birlikte algılama kolaylaştırılmış ve olası görünüm hataları engellenmiş olur. İki boyutlu çizimlerde çizgiler yatay eksen x , dikey eksen y koordinatlı düzlemde oluşturulurken, üç boyutlu çizimlerde x ve y koordinatlarının yanına ekrana dik olarak düşünebileceğimiz z koordinatının da eklendiği düzlemde oluşturulur. Bu üç koordinatlı sisteme Küresel Koordinat Sistemi denilmektedir. Çizilen modellerin program içerisinde hareketi kolaydır. Model kendi eksen z etrafında çevrilebilir ve istenilen eksenlerde çoğaltılabilir.

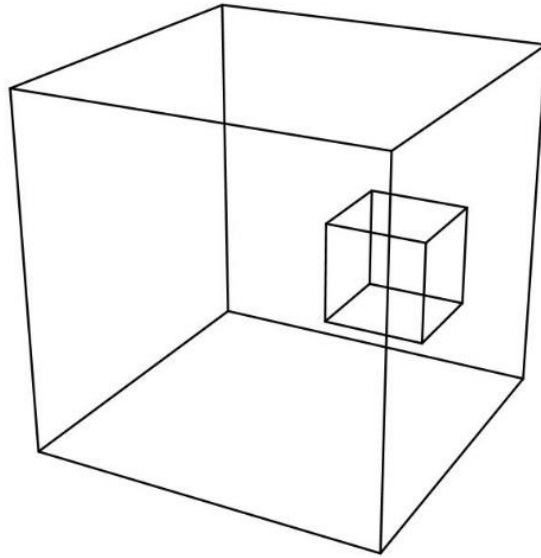
Üç boyutlu bir modeli açıklamak için üst, ön, yan görünüş düzlemleri ve ayrıca perspektif görünüş kullanılabilir. Bununla birlikte modele gerçeklik katmak amacıyla çeşitli renklerle gölgelendirme uygulanabilir (Akkurt, 1996: 253). Bu nedenle üç

boyutlu bilgisayar destekli tasarım programları birçok kullanıcı tarafından tercih edilmektedir.

Bilgisayar Destekli Tasarım programlarında uygulama teknikleri farklılıklarına göre tel çerçeve (wireframe), yüzey (surface) ve katı (solid) modelleme biçimleri olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır.

2.3.2.1 Tel Çerçeve (Wireframe) İle Modelleme

Tel çerçeve yöntemi bilgisayar destekli modellemede kullanılan en pratik yöntemdir. Bilgisayarın işlem gücü zorlanmadan tel çerçeve modeli ekranda gösterilebilir. Bundan dolayı bu yöntemde tasarım yapabilmek için donanımı yüksek bir bilgisayara ihtiyaç duyulmaz. Tel çerçeve yöntemiyle nesnelerin oluşturulması oldukça basittir. Bu modelleme biçiminde oluşturulan nesnenin yüzeylerini sadece kenar çizgileri ve köşe noktaları tanımlar. Bu çizgi ve noktalar nesnenin iskeleti olarak tanımlanabilir. Tel çerçeve modellerin üzerinde görülebilen belirli bir yüzey yoktur. Modellenen parçanın tüm yüzey kenarları, başka yüzey tarafından kapatılmadığından görülebilir.

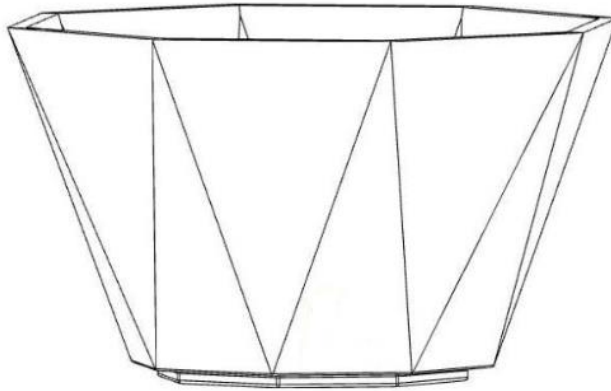


Şekil 3 : Tel Çerçeve ile Oluşturulmuş Model
(Çizim: İsmail Özgür Erdem)

Tel çerçeve ile oluşturulmuş basit bir model, doğru, çember, elips, bezier, B-spline vb. eğrilerden meydana gelir. Fakat karmaşık yapıda olan tasarımlarda bu çizgi öğelerinin çok olması görünüşün anlaşılmasını zorlaştırır. Çizimlerde yanlış anlaşılmalara neden olması endüstriyel uygulamada bu modellemeyi yetersiz kılmaktadır. Bundan dolayı tel çerçeve modellerin uygulama alanları sınırlıdır. Tel çerçeve ile oluşturulan modeller yüzey bilgileri içermediğinden bilgisayar destekli üretim aşamasında kullanılmamaktadır. Fakat tel çerçeveyi oluşturan eğri, doğru ve noktalar yüzey ile modelleme biçiminin de temelini oluşturur.

2.3.2.2. Yüzey (Surface) Modelleme

“Yüzey halindeki modeller katı (solid) modeller olarak tanımlanamazlar. Bunlar katı objeleri oluşturan parçalardır. Bir nesnenin katı olarak tanımlanabilmesi için yüzeyinde hiçbir açık noktanın bulunmaması gerekmektedir” (Türkel, 2008: 50). Yüzey modellemede nesne, yüzeyleriyle gösterilmektedir. Bu yöntemde tasarlanan cisimlerde eğriler, çizgiler ve noktalar birleştirilerek yüzeyler oluşturulur. Tel çerçeve ile modellemede oluşabilecek çizgi karışıklıkları ve belirsizliklerin önüne bu yöntemle geçilebilir. Yüzey modeller, üç boyutlu modelin görüntüsünü gerçekçi gösterir ve modelin içi boştur.



Şekil 4 : Surface Yüzey Modelleme
(Çizim: İsmail Özgür Erdem)

Yüzeyin sorunsuz bir şekilde oluşturulabilmesi için yüzey içinde nokta veya çizgi bulunmaması ve kesişmemesi gerekmektedir. Yüzey modellemede düzgün yüzeyleri hareket ettirme, döndürme, uzatma gibi müdahaleler yapabilmek mümkündür. Yüzeyler arasında oluşabilen boşluklar yamalar ile yumuşak bağlantılar kurularak kapatılabilir. Bu yüzeyler birbirleriyle kaynaşıp kapatılmadığı sürece katı olarak betimlenmeyecek ve hacimsiz bir yassı nesne olarak kalacaktır.

2.3.2.3 Katı (Solid) Modelleme

Üç boyutlu modellerin iç ve dış geometrisinin matematiksel ifadesinin bilgisayarda meydana getirilmesi işlemine katı modelleme denilebilir. Katı modelleme BDT'nin en gelişmiş tekniği olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemle birlikte tasarlanan modellerin hacim, ağırlık ve moment* gibi bazı fiziksel bilgileri ölçülebilmektedir. Bu yöntemle model gerçekte var olan bir nesne gibi sanal ortamda gösterilebilmektedir.

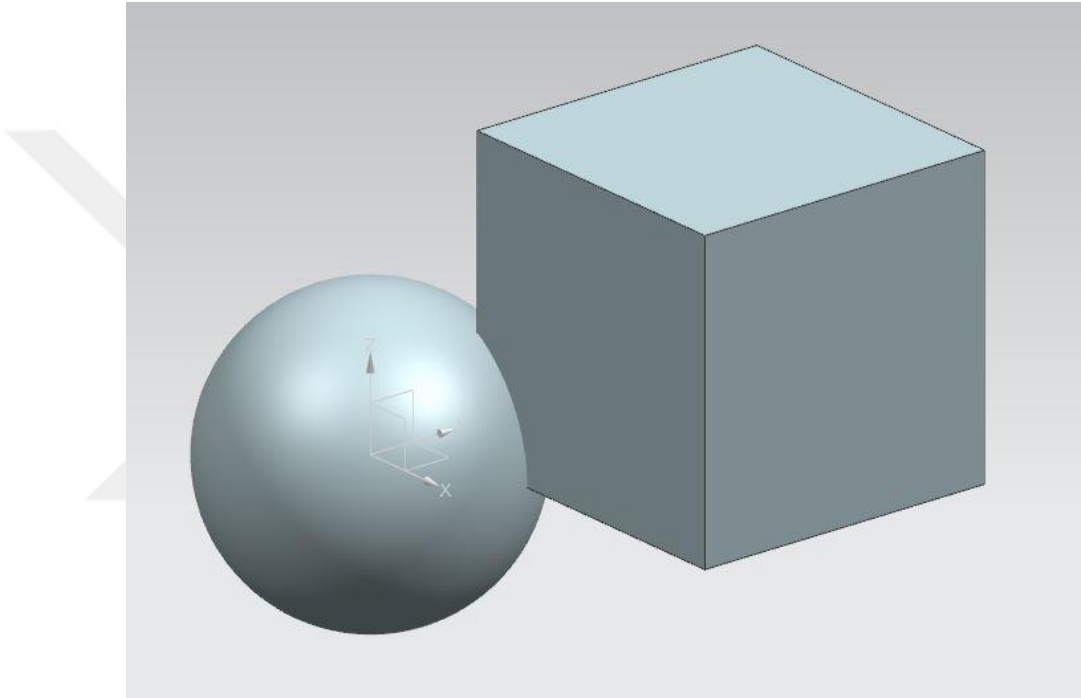
“Katı modelleme, modelleme teknikleriyle objeyi temsil eden katı nesneyi oluşturmayı ifade eder. Pek çok tasarımsal amaca hizmet eden bu modelleme türünün tasarımcılar tarafından elden geldiğince tamamlanmış olması istenir, öyle ki amaca göre hacim, alan, üretim analizleri gibi öğelerin tetkikinin de üretim öncesi hayata geçirilmesi istenir” (Türkel, 2008: 60).

Katı modellemede yaygın olarak kullanılan yöntemler sınır gösterimi (B-Rep: Boundry Representation) ve katı geometrik yapılandırma (C-Rep veya CSG: Constructive Solid Geometry) olarak belirtilebilir.

Katı modelleme tekniklerinden biri olan sınır gösterimi (B-Rep) tasarlanan modelin yüzeylerinin ve kenarlarının ayrıntılı bir şekilde oluşturulmasıdır. Modelin sınırlarını belirten tüm yüzeyler ikiden fazla kenarın kapalı bir alan oluşturmasıyla tanımlanır. Örneğin küp dörtgen yüzeylerin birleşmesiyle oluştuğundan, her bir yüzeyi dört adet kenardan oluşur. Başka bir deyişle, bu yöntemde, katı modellerin yüzeyleri küçük çokgenlerden oluşmaktadır. Sınır temsili ile yapılan modellemelerde hata riski fazla olmasına rağmen karmaşık modeller yapmak mümkündür.

* **Moment:** Bir cismi bir nokta veya bir eksen yörüngesinde döndürme etkisini belirleyen vektör niceliği (Türk Dil Kurumu, 2018).

Tekniklerden bir diğeri ise katı geometrik yapılandırmadır (C-Rep). Bu yöntemle, modeller kullanılan bilgisayar programındaki hem hazır hem de tasarımcının oluşturduğu katı geometrik biçimlerin birbiriyle birleştirilmesi, kesiştirilmesi ve ayrıca birbirinden çıkarılması ile tasarım oluşturulmaktadır. Katı geometrik yapılandırma ile tasarımı yapılan modellerin hızlı bir biçimde oluşturulması ve kullanımı kolay olması nedeniyle tasarımcılar tarafından çokça tercih edilmektedir.



Şekil 5 : Temel Katı Modeller ile Katı Oluşturma
(Çizim: İsmail Özgür Erdem)

Türkel' e (2006: 65) göre günümüzde bilgisayar destekli tasarım programlarını kullanan tasarımcılar ağırlıklı olarak B-Rep'i tercih etmektedir. Bunun sebebi C-Rep'in sınırlı modelleme özelliklerine sahip olması ve buna karşılık B-Rep'in çok üstün modelleme özelliklerine sahip olmasıdır.

2.4. Bilgisayar Destekli Üretim

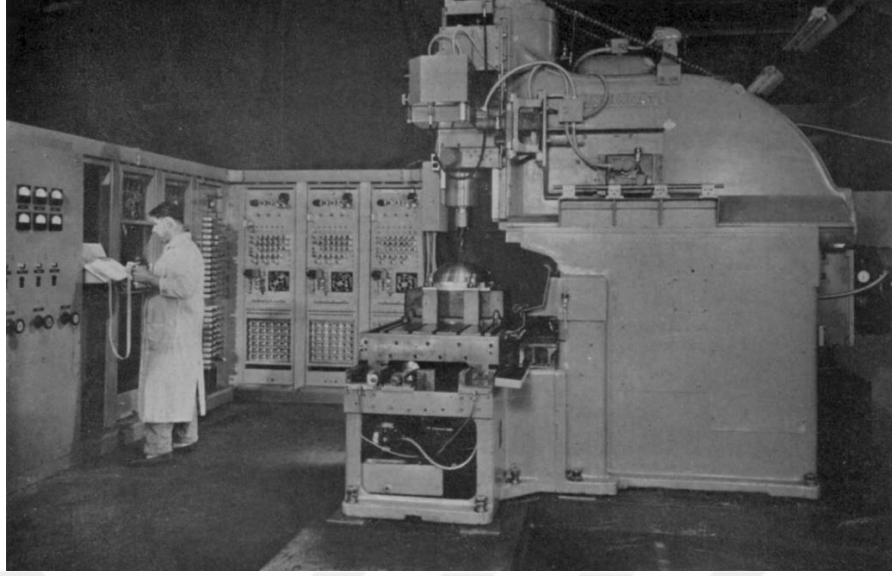
Bilgisayar destekli üretim, bilgisayarlı sayısal kontrollü tezgâhlara, robotlara, koordinat ölçüm cihazlarına ve diğer programlanabilir cihazlara üretim planlarını ve programları tertiplemek amacıyla, kullanıcılara veri işlem desteği sunma ve hammaddenin satışa hazır hale gelmesine kadar bilgisayar kontrollü tekniklerden yararlanılan işlemler serisidir (Enver Aydoğan, 2004: 119).

“CAM sistemi, işletmelerdeki verimliliği artırmak için tasarım ve imalat sürecinin bilgisayar ortamında birleştirilmesi işlemidir. CAD/CAM kullanıcısı, tasarım ve üretim yazılımlarını kullanarak; önce ürünün teknik resmini ve modellemesini gerçekleştirir. Daha sonra bu çizimden yararlanarak parça üretimi için gerekli olan numerik kontrol kodlarını bilgisayar yardımıyla üretir” (Bağcı, 2004: 190).

Üretilcek olan modellerin belli bir sırada işlenmesi ve bu sürecin planlanması gereklidir. Bilgisayar destekli üretim iki alanda yer almaktadır. Üretim sürecini direk bilgisayar ile kontrol ederek imalatın gerçekleştirilmesi işlemine bilgisayar ile işlem denilmektedir. Diğer yandan bilgisayar ile doğrudan bir bağlantı bulunmayan sistem üretim destekleme işlemi olarak adlandırılmaktadır.

2.4.1 Bilgisayar Destekli Üretimin Ortaya Çıkışı

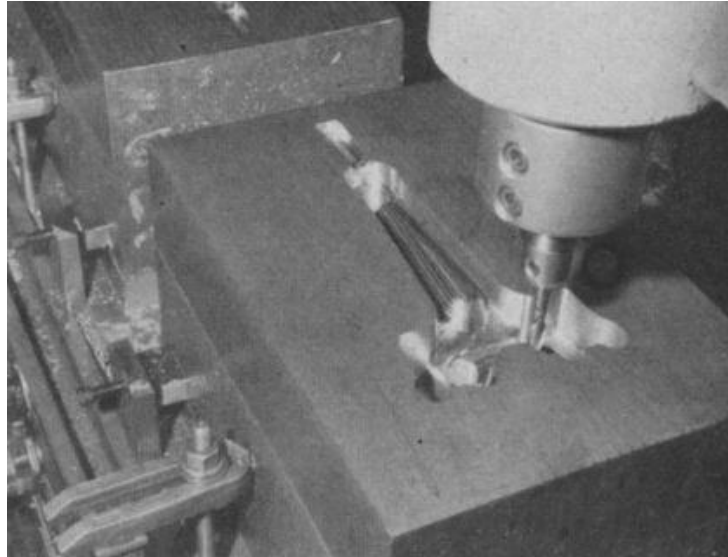
Bilgisayar destekli üretim, bilgisayar destekli tasarımdan daha önce başlamıştır. 1946 yılında John T. Parson ve ekibi uçak kanatlarının karmaşık ve yumuşak hatlı görünüşlerini işlemek için ilk bilgisayar denetimli freze tezgâhını geliştirmiştir. 1958 yılında ABD Hava Kuvvetleri şekilleri zor olan bazı parçaların hassas bir biçimde sistematik şekilde üretilmesi için Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) ile anlaşma yapmıştır. Üniversitedeki araştırmacılar bir freze tezgâhını geliştirerek bu parçaların otomatik olarak üretilmesini sağlamıştır (Oral, 2012: 11).



Görsel 20: 1952 Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT) İlk Kullanılan NC Freze Tezgâhı

Kaynak: <http://www.turkcadcam.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/nc-mit-1680.jpg> (7 Haziran 2018)

Bu tezgâh ilk olarak radyal uçak motoru piston kolları işlemede kullanılmıştır. MIT'de yapılan bu çalışmalar NC teknolojisinin başlangıcı olmuştur. Bu NC tezgâhında gerçekleştirilen uygulama delikli kâğıt bir şerit üstünde bulunan kod yardımıyla yapılmıştır. 1960'lı yıllarda bilgisayarların gelişmesiyle NC tezgâhların bilgisayarlar ile bütünleşmesi sağlanmış ve CNC tezgâhların üretimi başlamıştır.

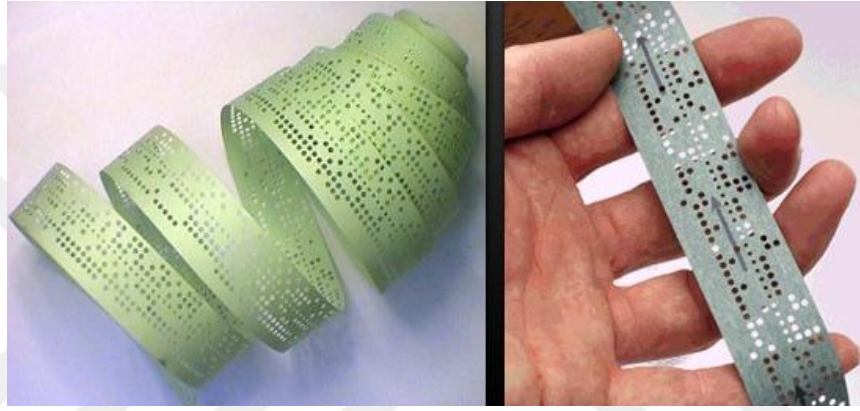


Görsel 21: İlk NC Tezgâhında Üretilen Radyal Uçak Motoru Piston Kolu

Kaynak: <http://www.turkcadcam.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/nc-mit-die-block-1250.jpg> (7 Haziran 2018)

2.4.2 Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) Araçları

İlk Numerik Kontrol (NC) tezgâhı, üç eksenli harekete sahip olan düşey freze tezgâhı 1951 yılında geliştirilmiştir. Bu tezgâh, analog olarak sayısal çözümleme yapan bir denetim ünitesine sahipti. İşleme programını saklamak ve kullanmak için ikili sistemde hazırlanmış delikli şerit kartlar kullanılmaktaydı. Bu tezgâh sayısal denetimli tezgâh olarak adlandırılmıştır (Oral, 2012: 14). Böylece her parçanın diğeri gibi olmasına olanak sağlayan bir makine kullanılmaya başlanmıştır. Delikli şeridin deformasyona uğraması veya deliklerin aşınması dezavantaj oluşturmaktadır.



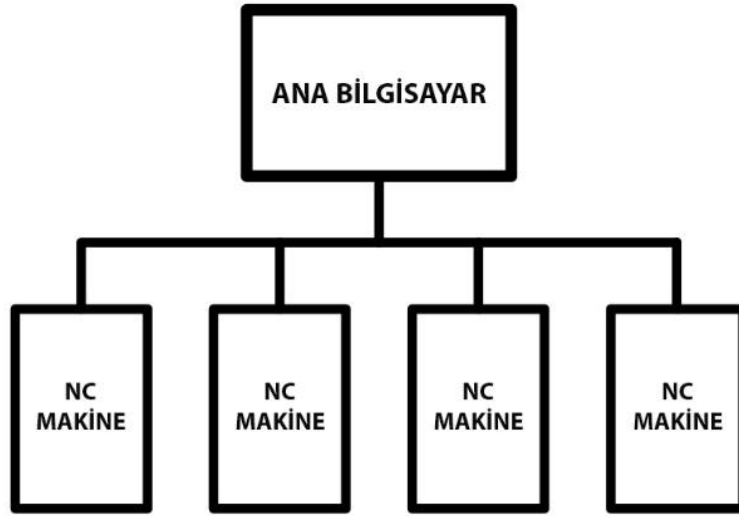
Görsel 22: Delikli Şerit

Kaynak: <http://www.turkcadcam.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/punch-tape-8-level.jpg> (7 Haziran 2018)

Delikli şeritlerin muhafaza edilmesi ve uzun süre kullanımlarında deformasyona uğraması, bilgisayar geliştiricilerini, kodların bilgisayar belleklerinde korunması yoluna itmiştir.

“CNC ve DNC türü tezgâhlar ise bilgisayarlarla kontrol edilmekte ve NC tezgâhlarına oranla hızlı olmalarının yanında görüntü üniteleri sayesinde işlenecek parçanın grafik görüntüsünü elde edebilmek ve benzetimini yapabilmek mümkündür” (Türkel, 2008: 76).

“1968 yılında, sayısal denetimli takım tezgâhlarına kâğıt bant aracılığı ile program göndermek yerine, birçok sayısal denetimli tezgâh doğrudan bir tek bilgisayara bağlanmış ve doğrudan sayısal denetim (DNC - "Direct Numerical Control") onaya çıkmıştır. Bu sistemde bir ana bilgisayar gerçek zamanda birçok sayısal denetimli takım tezgâhı tarafından paylaşılmakta ve tezgâhlara doğrudan komut gönderilmektedir” (Arıkan: 5).



Şekil 6 : DNC Türü Sistemin Çalışma Şeması
(Çizim: İsmail Özgür Erdem)

Bilgisayarların maliyetinin yüksek olması nedeniyle tek bir bilgisayara bağlı birden çok tezgâhta uygulama oldukça ekonomik olmuştur fakat az sayıda alıcı tarafından tercih edilmiştir.

“1970'lerde her tezgâhın kendi bilgisayarına sahip olduğu bilgisayarlı sayısal denetim (CNC - "Computer Numerical Control") yöntemi geliştirilmiştir. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ve bilgisayarların ucuzlaması ile birlikte bilgisayarlı sayısal denetimli sistemler günümüze kadar büyük gelişmeler kaydederek gelmişlerdir. Bu tip tezgâhlarda, bilgisayardan tezgâhın denetiminin yanı sıra, programlama, program depolama, program düzeltme, takım kaydırma hesapları ve diğer kaynaklarla doğrudan veya manyetik ortamlar aracılığı ile bilgi alışverişi işleri için yararlanılmaktadır” (Arıkan: 5).

Bilgisayarlı Sayısal Denetim (CNC) tezgâhlarının doğrudan bilgisayara bağlı olması ve ayrıca CNC tezgâhlarının denetim birimlerinde özel bir belleğe sahip olabilmesinden dolayı bu tezgâhlarda programların değişimi veya yeni bir program ekleyip çıkarmak oldukça basitleşmiştir. CNC tezgâhlarının kullanımı ile yazılan program tarafından işlenecek parçalar otomatik olarak işlenmektedir. CNC tezgâhlarında kullanılacak olan kodlar ayrı bir bilgisayarda yazıldığından üretim aşamasında makinenin durdurulmasına gerek duyulmaz. Oluşturulan kodlar sanal bir bellekte bulunduğu için şerit sistemindeki gibi aşınmalar olmayacağından kalite bozulmamaktadır.

Bilgisayar destekli üretim araçlarının faydaları şu biçimde sıralanabilir;

- 1- Üretimde otomatik sistemli makinelerin kullanımıyla model için sarf edilen süre oldukça kısalmaktadır
- 2- Takım tezgâhlarında üretimi yapılmış modeldeki hataların onarımı ve telafisi çok hızlı ve kolay olacaktır.
- 3- Üretimde insan gücü kullanımı oldukça düşük olduğundan modeli işleme aşamasındaki hata payı çok az olacaktır.
- 4- Üretimdeki doğruluk payı artar ve tasarımın standartlığı sağlanmış olacaktır.
- 5- Karmaşık yapıdaki modellerin üretimi kolaylaşacaktır.
- 6- Üretim sırasında tasarımda değişiklik yapılması halinde müdahale kolaylaşacaktır.

BÖLÜM 3: BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM PROGRAMIYLA KARO TASARIMI VE ÜRETİMİ

3.1. Eskizler

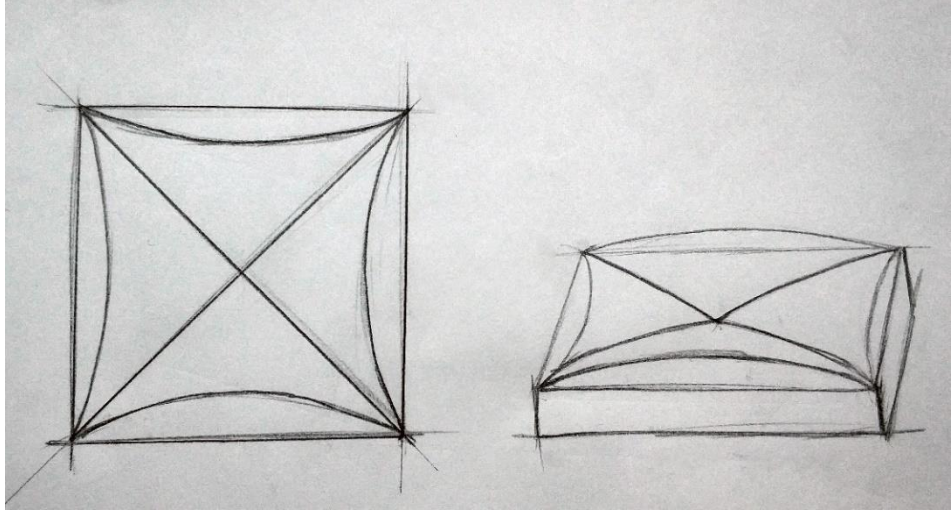
Turani'ye (Turani, 1975: 38) göre eskiz bir resmin, heykelin ya da mimari eserin kafadaki tasarımını veren taslağıdır. Eskizler, tasarımların sonuca ulaşmadan önce tasarımcının aklındakileri etrafındaki insanlara aktarabileceği bir görsel ifade biçimi olarak belirtilebilir. Tasarımlar genellikle kâğıt üzerinde yapılan karalamalar neticesinde oluşturulur. Bu karalamalar tasarım yapmayı kolaylaştırmasının yanı sıra tasarımda ortaya çıkabilecek hataları da önlemeye yarayan bir yöntemdir.

“Kâğıt üzerinde eskizleri oluşturduktan sonra bilgisayarda eskiz ve model oluşturmak her zaman için daha avantajlıdır. Bu, kâğıt üzerinde çözümleyemediğimiz ya da ifade etmekte zorlandığımız hususlarda tasarımcıya büyük fayda sağlamaktadır” (Türkel, 2008: 82).

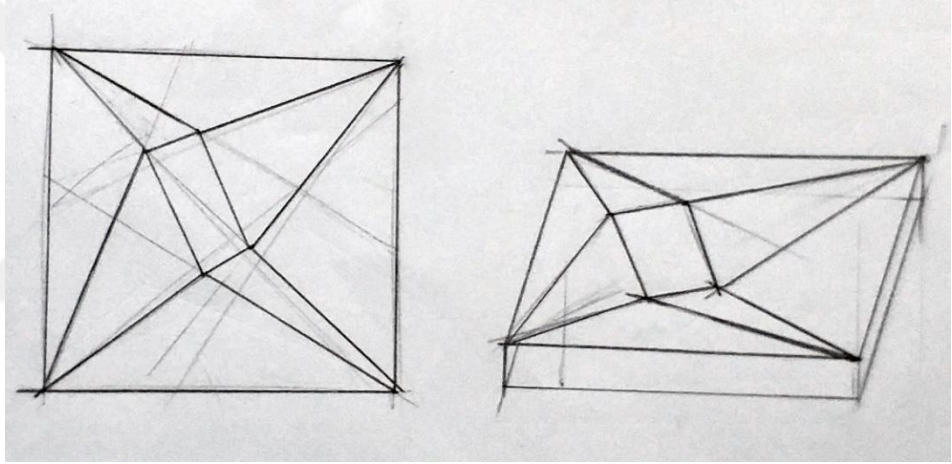
Eskiz oluşturmak pek çok alanda temel tasarım ifadesi olarak kabul edilebilir. Tasarımcıların düşüncesini ifade etme yöntemi olan eskiz, seramik tasarım alanında da önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda çalışmaya serbest şekilde eskiz uygulamalarıyla başlamak, modelin tasarlanması açısından ön hazırlık oluşturmada önemli bir aşamadır.

3.1.1. El İle Çizilen Eskizler

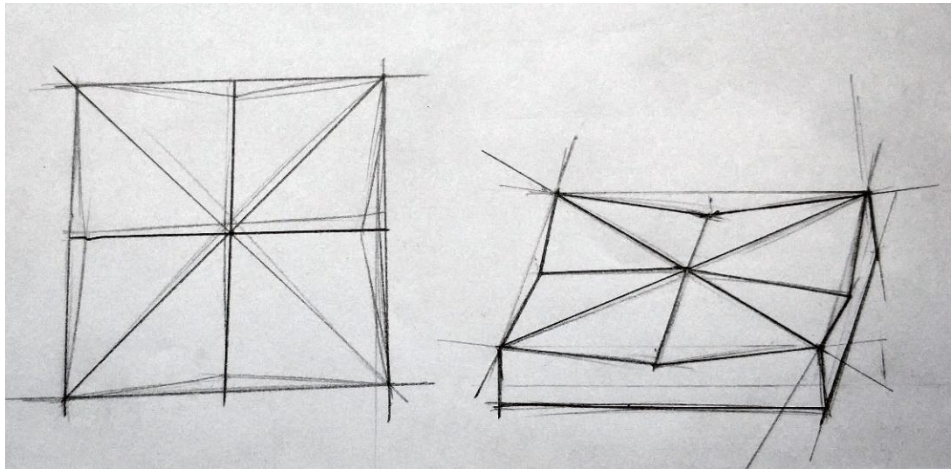
Üretilmesi planlanan ürünlerin eskizleri kâğıda aktarılarak fiziksel görüntüleri oluşturulmuştur. Bu eskizler tasarım aşamasında temel olacağından ne kadar fazla eskiz oluşturulursa nihai tasarım görsel anlamda o kadar farklı olacaktır. Bu sayede üretilmiş diğer ürünlerden farklı tasarımlar yaratabilmek ve üretim aşamasında seri imalata uygun ürünler ortaya koymak planlanmıştır. Çalışmaların başlangıç aşamasını oluşturan eskiz örnekleri Şekil 5'ten Şekil 12'ye kadar verilmiştir.



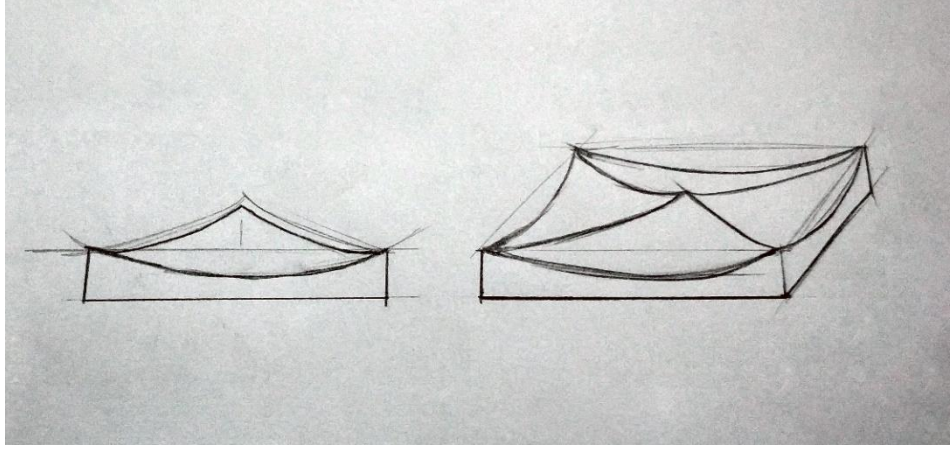
Şekil 7 : Eskiz 1



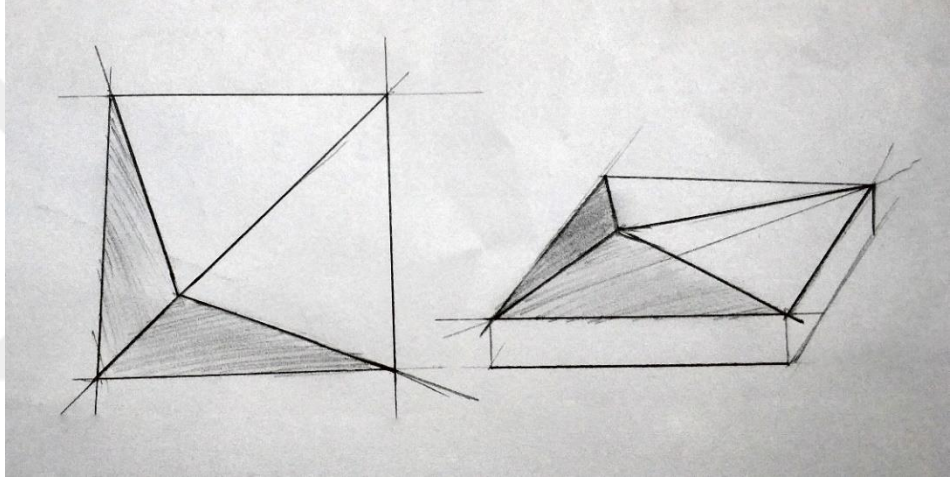
Şekil 8 : Eskiz 2



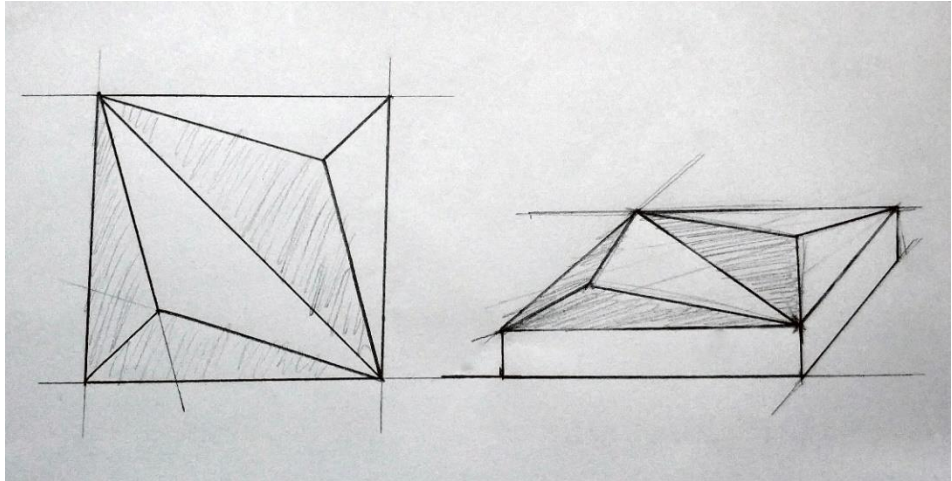
Şekil 9 : Eskiz 3



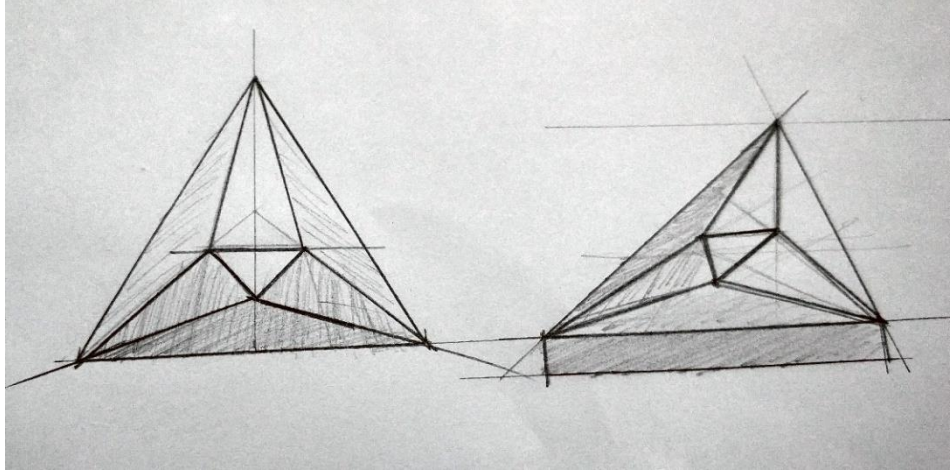
Şekil 10: Ekiz 4



Şekil 11: Eskiz 5



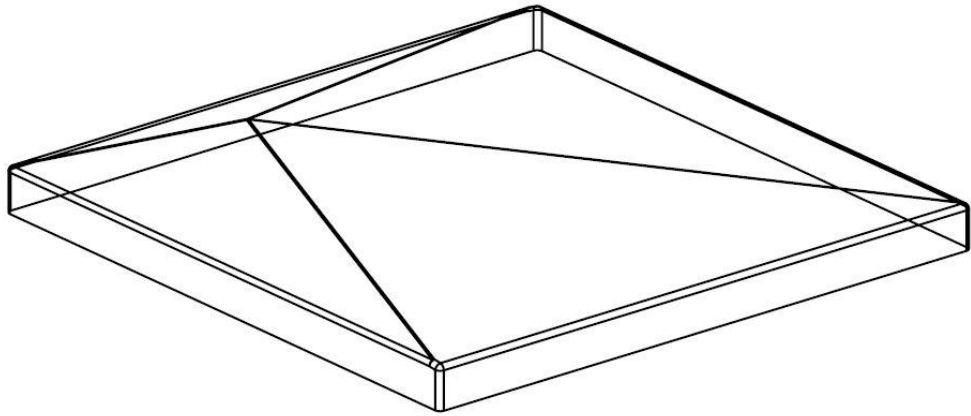
Şekil 12: Eskiz 6



Şekil 13: Eskiz 7

3.1.2. Eskizler Sonucunda Uygulamaya Alınacak Tasarımların Tespiti

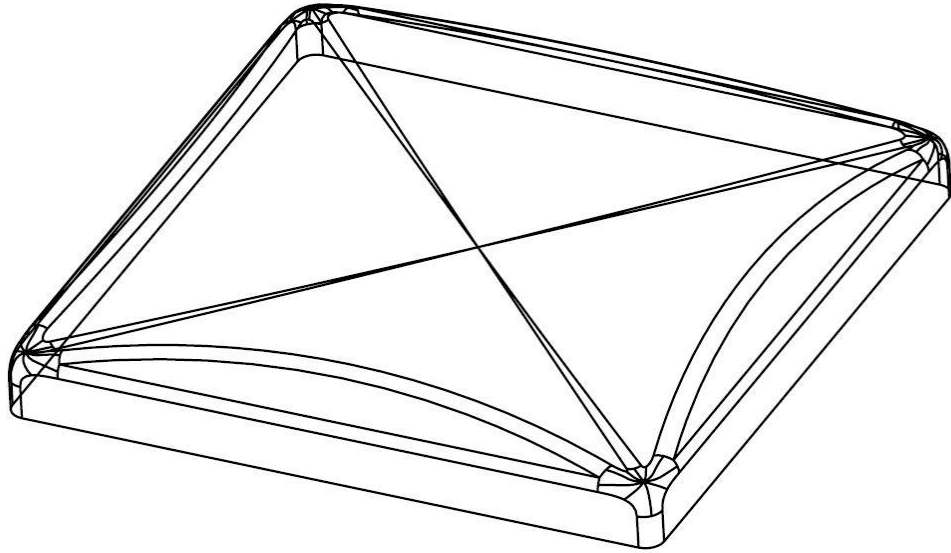
Oluşturulan eskizler sonucunda uygulamaya alınacak tasarımlar belirlenmiştir. Bilgisayar destekli üretim sisteminin sağlayacağı kolaylıklar göz önünde bulundurularak çizimler sırasında el ile modellemede zorluklar yaşanılması muhtemel modeller tercih edilmiştir. Ayrıca çizilen eskizler arasından seçilen modellerin pres baskı ile üretilebilir olması göz önünde bulundurularak seçilen eskizlerin bilgisayar programında teknik çizim eskizleri oluşturularak uygulamaya alınmaları için ön hazırlık yapılmıştır.



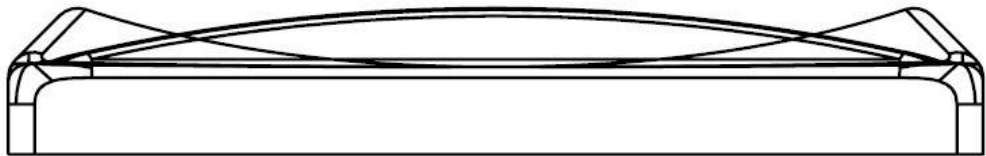
Şekil 14: Model 1'in Teknik Çizim Eskizinin Perspektif Görünümü



Şekil 15: Model 1'in Teknik Çizim Eskizinin Ön Görünümü



Şekil 16: Model 2'nin Teknik Çizim Eskizinin Perspektif Görünümü

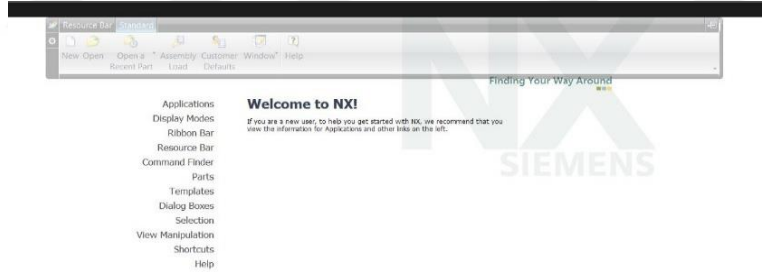


Şekil 17: Model 2'nin Teknik Çizim Eskizinin Ön Görünümü

3.2. Bilgisayar Ortamında Tasarımların Modellenmesi

Bu çalışmada modellerin oluşturulması için modelleme aracı olarak Siemens firmasının NX10 yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, bir ürünün el ile çizilen eskizinden başlayarak, bilgisayar ekranında üç boyutlu modellenmesi, teknik çiziminin otomatik olarak oluşturulması, ürün kalıbının yapılması ve CNC tezgâhlarında kalıpların imalatı gibi bütün süreçlerini desteklemektedir. Uçak, otomotiv, beyaz eşya, makine ve metal sanayilerinde geniş bir kullanım alanına sahip olan yazılım seramik sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır. NX hem bilgisayar destekli tasarım (CAD) hem de bilgisayar destekli üretim (CAM) programı olmasından dolayı vitrifiye üretimi yapan kuruluşlar tarafından tercih edilmektedir. Seramik sektöründe kullanımının sık olması, modelleme yöntemlerinin her birinin rahatlıkla yapılabilmesi, bütünleşik yapısı ve kullanım kolaylığı bakımından gelişmiş olması bu programın tercih edilme sebebi olarak belirtilebilir.

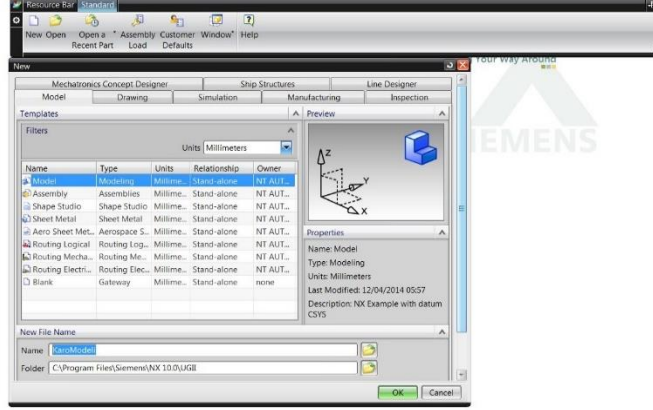
Görsel 23'te ilk açılış ekranı görülmektedir. Açılan ekranda görünen araç çubuğu tasarımcının ihtiyacına göre kişiselleştirilebilen bir yapıya sahiptir.



Görsel 23: Siemens Nx 10 Programının Açılış Ekranı

Çalışmaya başlamak için araç çubuğunda görünen “Standart” sekmesi altında “New(yeni)” butonuna tıklanır. Açılan pencerede yeni model oluşturmak için “Model” seçeneği tıklanır. Alt kısımda “New File Name – Yeni Dosya Adı” kısmına çalışmanın

adı yazıldıktan sonra “Ok: Tamam” butonuna basıldığında modelleme ekranına geçiş yapılır.

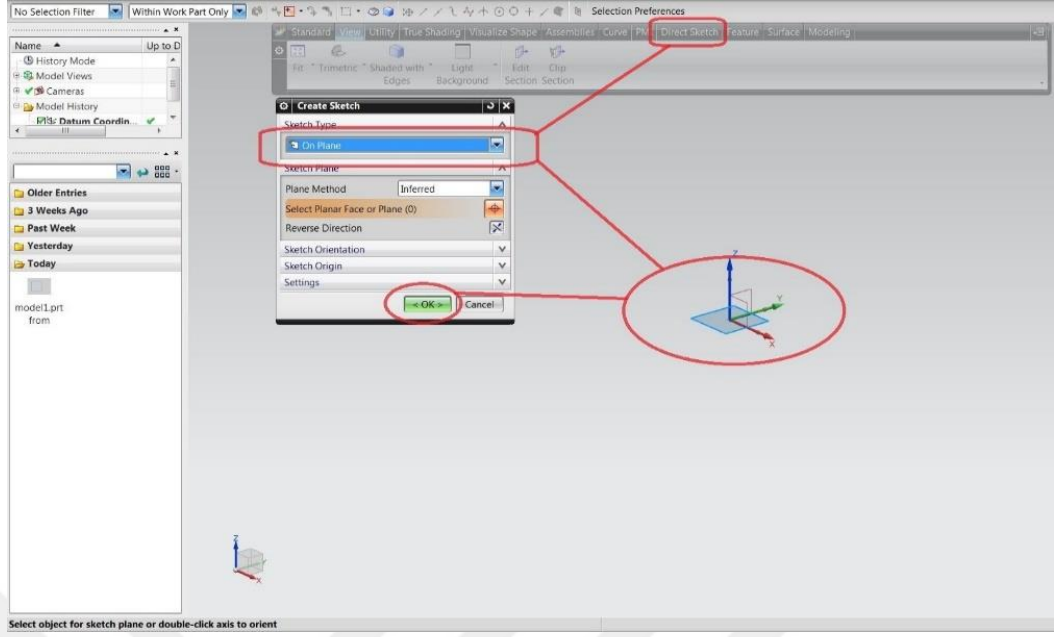


Görsel 24: Yeni Dosya Oluşturma

Bu bölümde seçilen iki adet karonun farklı yöntemlerle modellenmesi gösterilmektedir. Model 1 katı (solid) modelleme yöntemiyle oluşturulmuş, Model 2 ise tel kafes ve yüzey modelleme yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuştur.

Katı modelleme yöntemlerinden C-Rep ile Model 1'in oluşturulmasında Boolean komutları olarak adlandırılan birleştirme, çıkarma ve kesiştirme komutları kullanılmıştır.

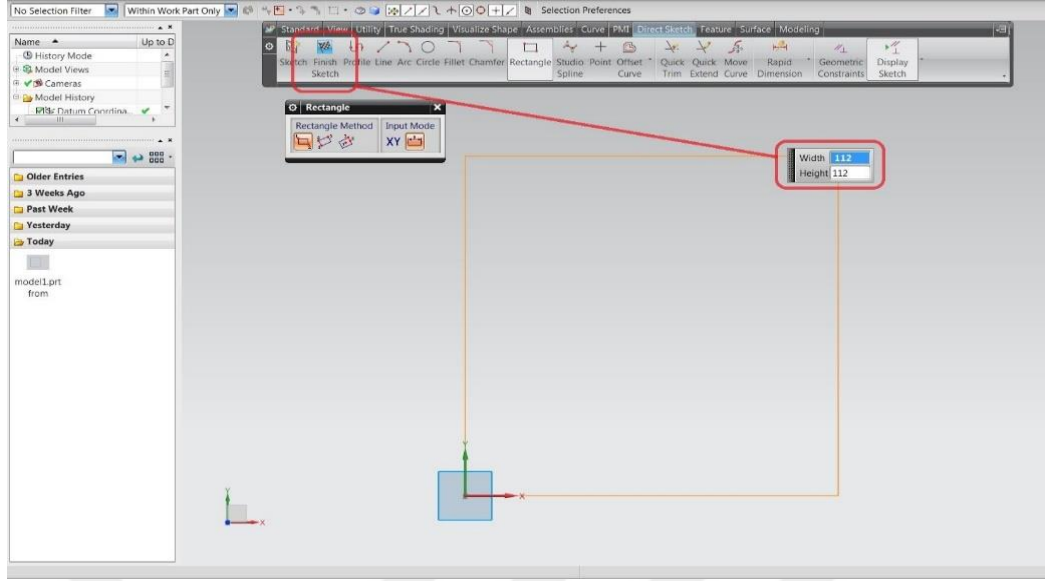
Seçimi yapılan karolardan katı modelleme ile yapılacak ilk model kare tabanlı geometrik bir yapıya sahiptir. Yeni bir çalışma sayfası açılarak açılan sayfada araç çubuğunda görünen “Direct Sketch (Direk Çizim)” komutuna tıklanır. Ardından çizimi oluşturulacak düzlem seçilip onay tuşuna basılır. “View” menüsünde bulunan görünüm sekmesinden “Top (Üst görünüm)” tıklanarak çizime başlanır.



Görsel 25: Sketch Menüünde Düzlem Seçimi

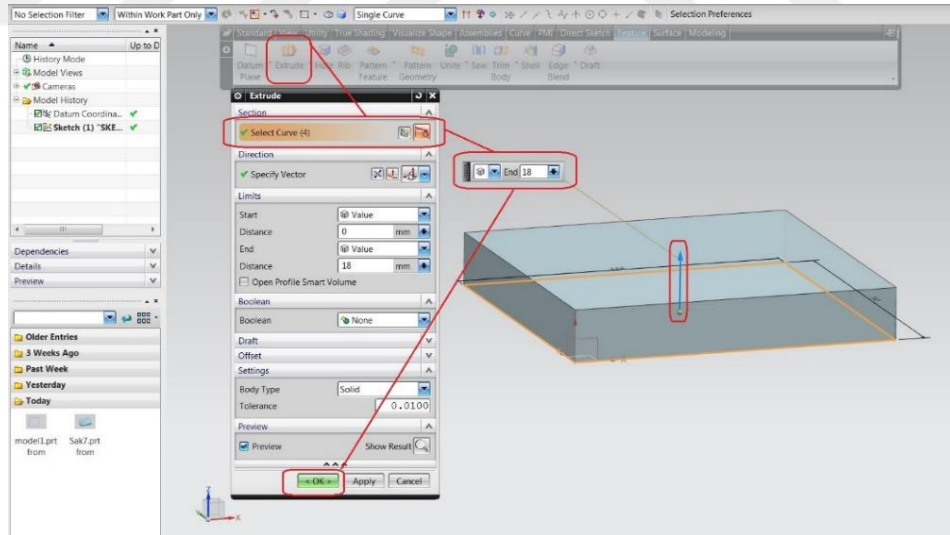
Üretim aşamasında kullanılacak olan çamurun toplu küçülme hesabı yapılarak model ölçüleri belirlenir ve bu ölçülere göre çizilir. İstenilirse çizim aşamasında ilk olarak ürün teknik ölçüleri girilip ardından küçülme oranı kadar model “Scale (Ölçek)” özelliğiyle büyütülebilir.

Açılan sketch ekranında oluşturulacak karonun taban sınırlarını belirlemek için “Rectangle (Dikdörtgen)” aracı seçilerek 112mm kenar uzunluğu olan değer girilip klavyede “Enter” tuşuna basılır ve kare çizilmiş olur. Ardından “Finish Sketch (Çizimi Sonlandır)” tıklanarak bu bölüm kapatılır.



Görsel 26: Taban Sınırlarının Çizilmesi

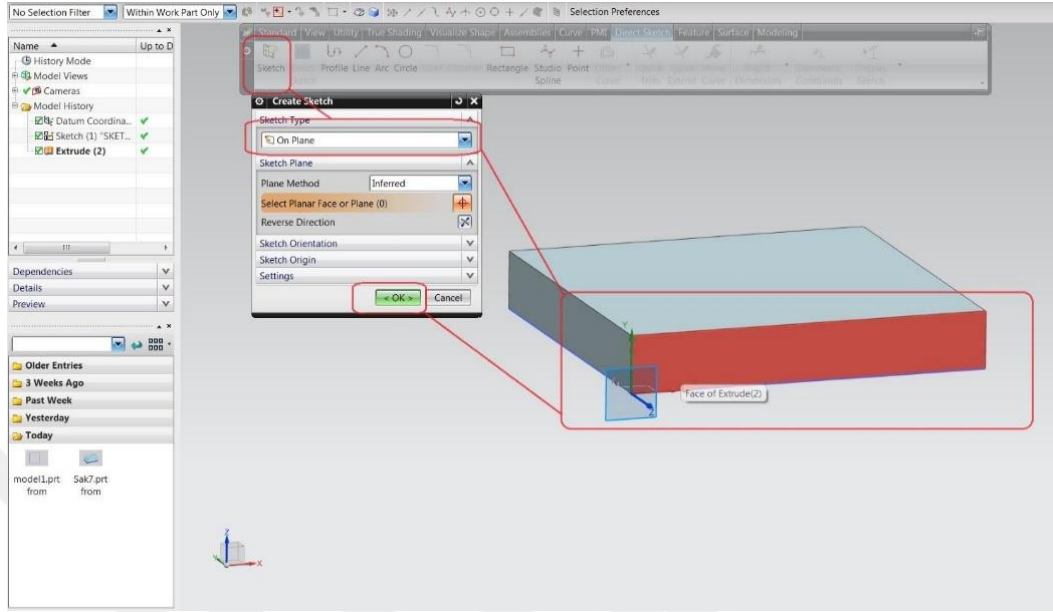
“Feature (Özellik)” menüsünde “Extrude (Ekstrüzyon)” butonu tıklanır. Extrude komutunda yükselti verilecek çizgiler seçilerek karonun tüm yüksekliği 18mm olarak belirlenip onay butonuna basılır ve ana katı modele hacim kazandırılır.



Görsel 27: Taban Çizgilerine “Extrude” Komutunun Uygulanması

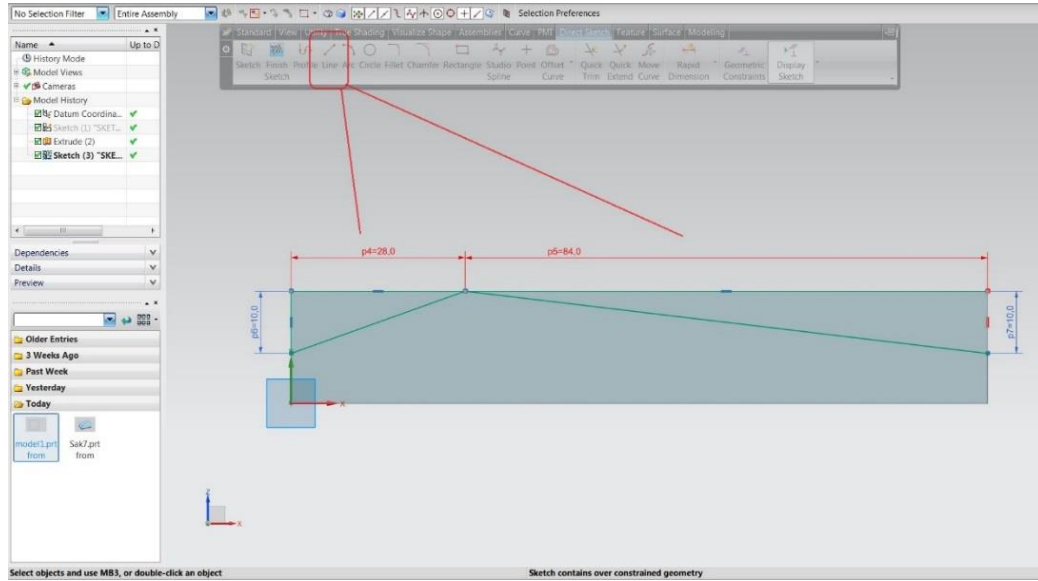
Modelin teknik çiziminden yola çıkılarak ön, arka, sağ ve sol görünümleri oluşturulan dikdörtgen prizmanın ilgili yüzeylerine çizim yapılır. Bunun için tekrar Direct Sketch menüsüne tıklayıp Sketch butonuna tıklanır. Açılan menüde hangi yüzeye çizim

yapılacağının belirtilmesi gerekir. Çizim yapılacak yüzey seçilip Enter tuşu ile onaylanır.



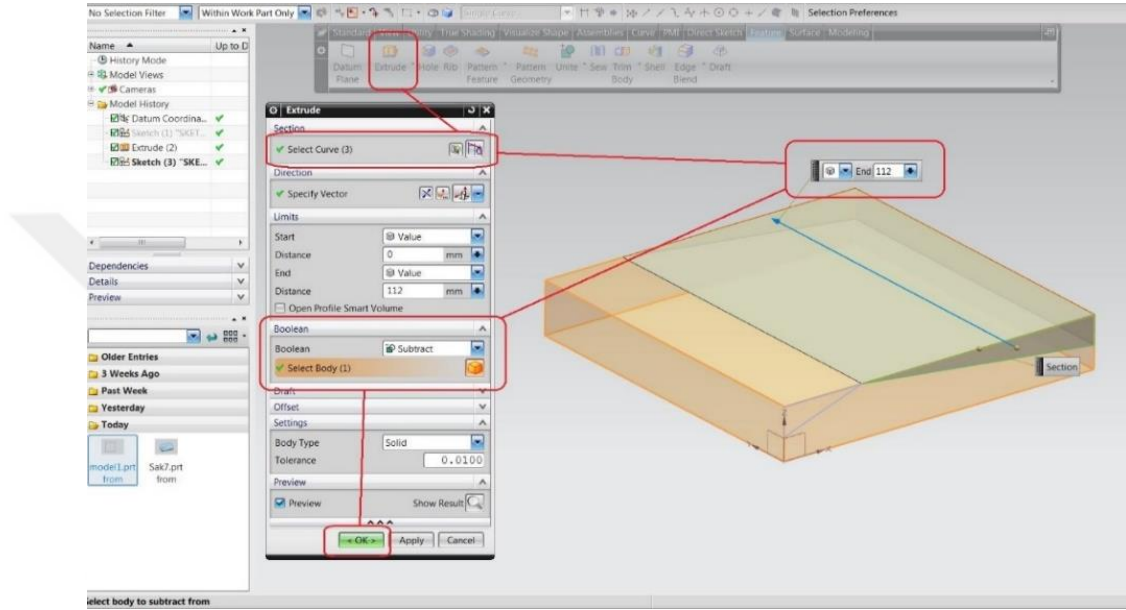
Görsel 28: Çizim Yapılacak Yüzeylerin Seçimi

Sketch bölümünde “Line (Çizgi)” aracı seçilip Şekil X1’de görülen yüzeye bütün bir parçadan çıkarılacak parçalara Extrude uygulanabilmesi için ana katı modelin ön ve yan görünümüne gerekli çizgiler çizilir.



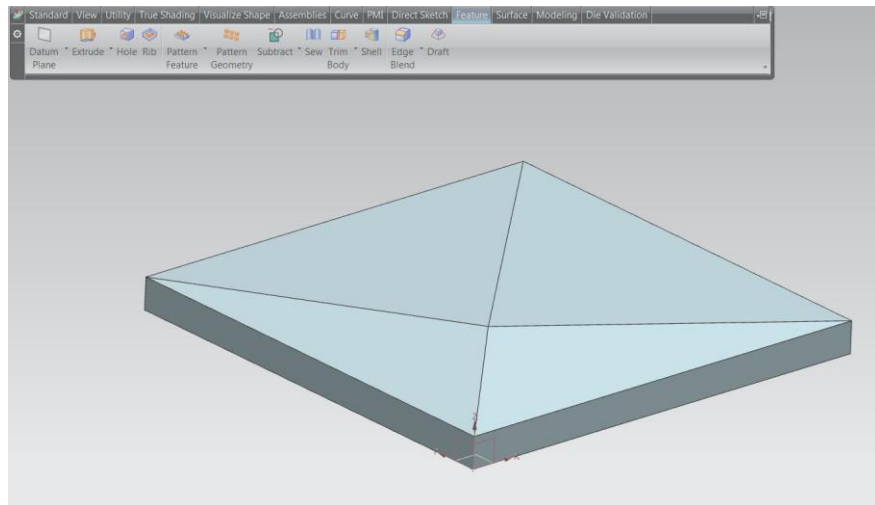
Görsel 29: Ana Katıdan Çıkarılacak Parçanın Çizgilerinin Çizilmesi

Sketch menüsü kapatılır ve ardından Extrude komutu tekrar tıklanıp, oluşturulan çizgiler seçilip modelin genişliği olan 112 mm değerinde hacim kazandırılır. Oluşturulan bu katı cisimler Boolean komutlarından Subtract (Çıkarma) komutu kullanılarak ana katı modelden çıkarılır. Boolean komutları Feature menüsü altında bulunmaktadır. Ayrıca kullanıcıya kolaylık sağlaması açısından Extrude komut menüsünden de Boolean komutları seçilebilmektedir.



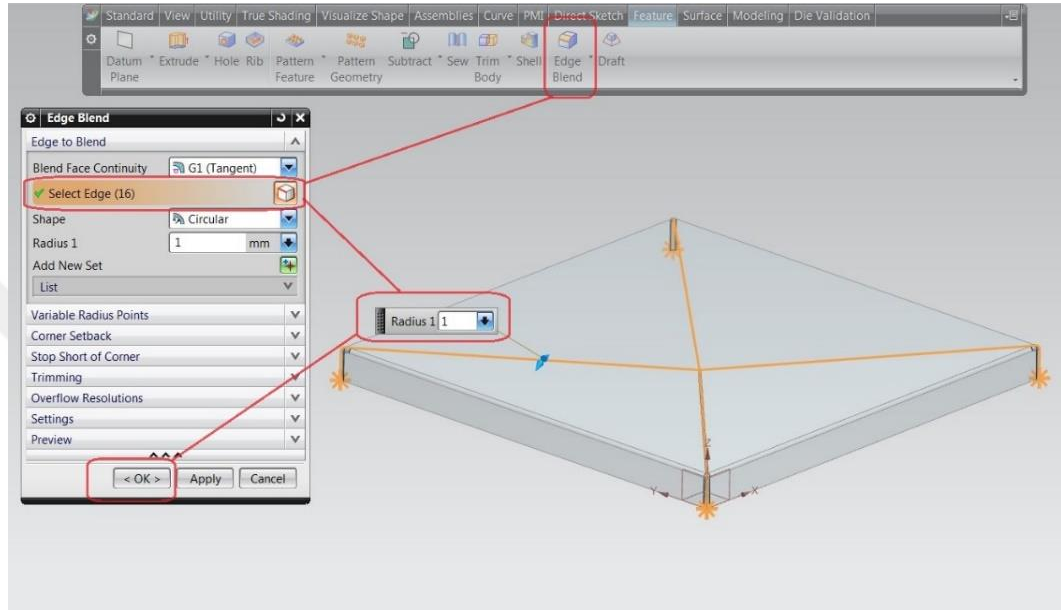
Görsel 30: Subtract Komutu İle Ana Modelden Yardımcı Parçanın Çıkarılması

Oluşturulan katıların ana katı modelden çıkarılmasından sonra tasarlanan modelin ana hatları meydana getirilir.



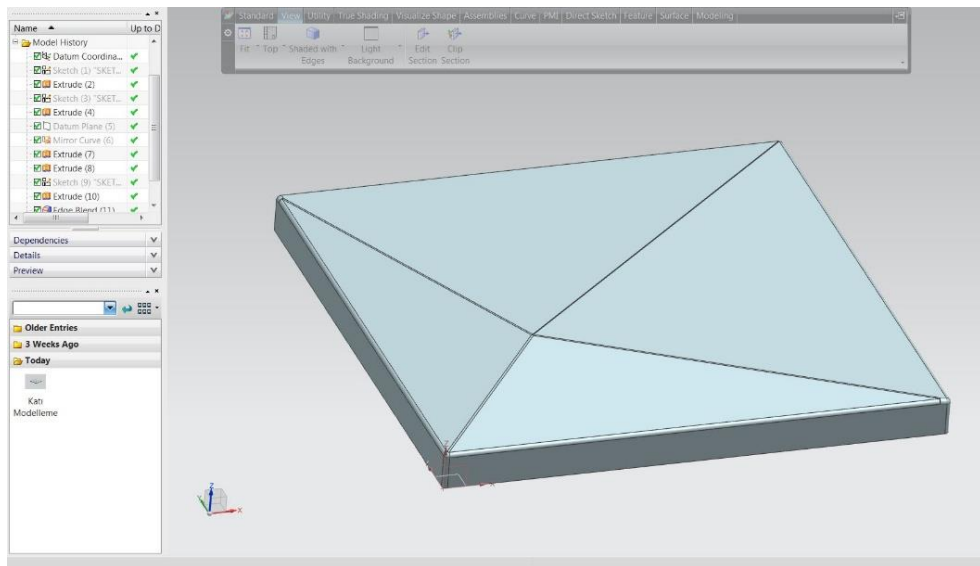
Görsel 31: Karonun Genel Görünümü

Seramik formlarda yüzey kenarları ve köşelerin keskinliği üretim aşamasında bazı dezavantajlara sebep olacağından, bu kısımların yumuşatılması gerekmektedir. Bunun için Feature menüsünde “Edge Blend (Yüzeyler Arası Keskin Köşeleri Yumuşatma)” butonu tıklanarak yumuşatılacak kenarlar seçilir ve Radius çapı 1mm olacak şekilde komut uygulanır.



Görsel 32: “Edge Blend” komutunun uygulanması.

Bu şekilde seçilen karo modellerinden ilkinin katı modelleme yöntemiyle şekillendirilmesi Görsel 33’te görüldüğü gibi bitirilmiş olur.

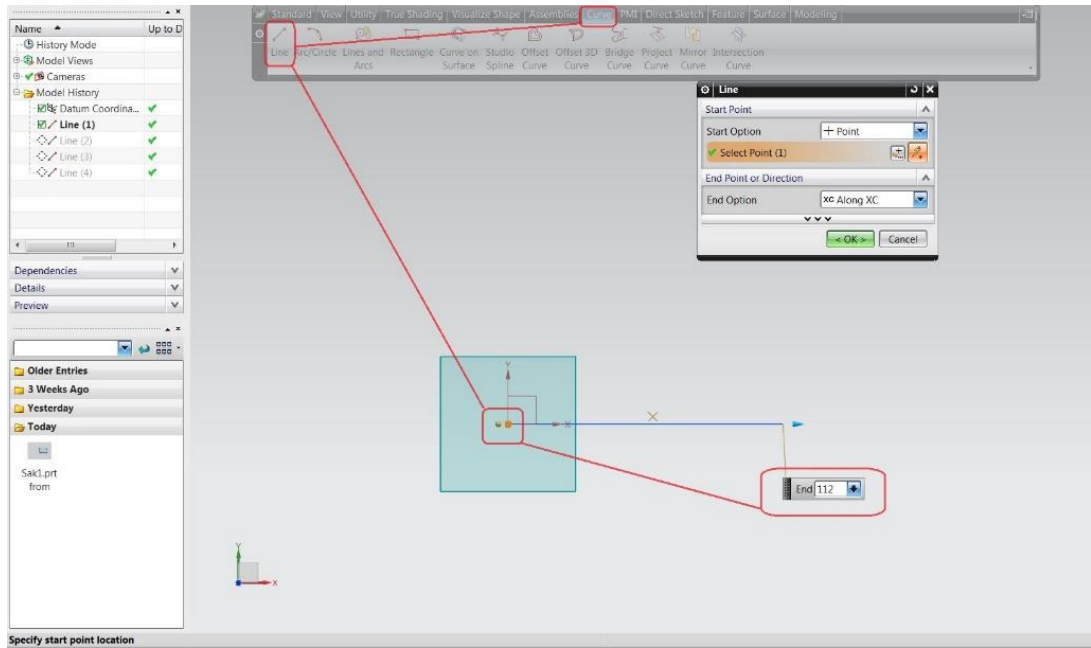


Görsel 33: Model 1’in Nihai Görüntüsü

2. model yüzey modelleme sistemi ile oluşturulmuştur. Yüzey modelleme yönteminin yanında yüzeyleri oluşturan kenar ve köşeleri belirtmek amacıyla tel kafes yönteminden de yararlanılmıştır.

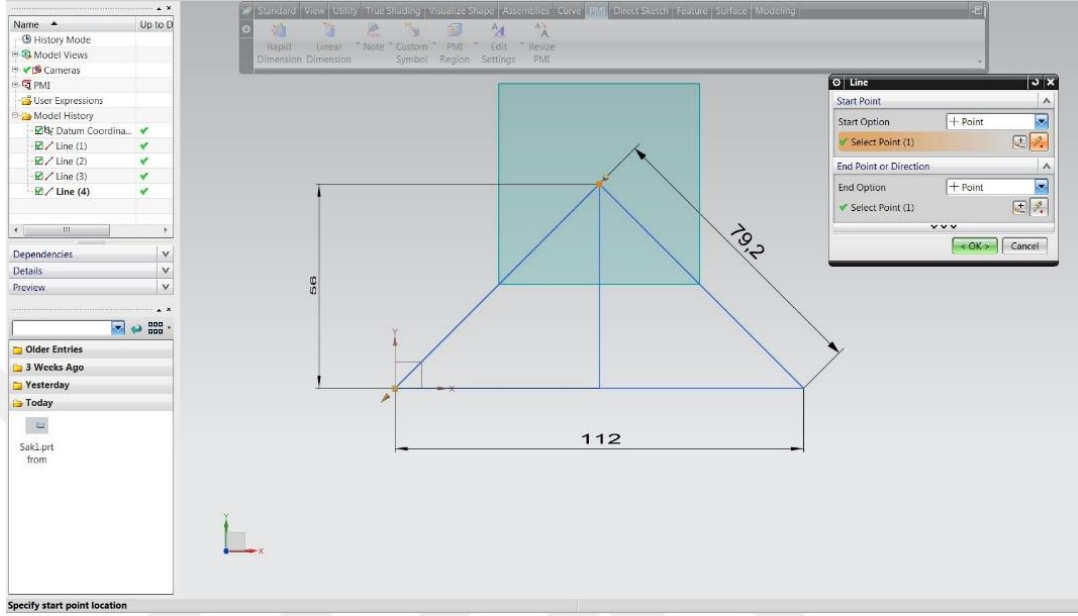
Yüzey modelleme ile çizilen modelin taban yapısı önceki modelde olduğu gibi kare tabanlı olarak tasarlanmıştır. Fakat bu model kendi içinde modüler ve birbirinin aynı olan dört adet üçgen modelin bir eksen etrafında birleşimiyle tamamlanmıştır. Bunun için bir üçgen birimi tasarlayıp döndürme komutuyla çoğaltılmasıyla ana model elde edilmiştir. Yüzey modelleme ile karoyu tasarlamak için ilk olarak tel kafes yöntemiyle kenar ve köşe sınırlarının belirlenmiş ve ardından bu çizgilerin yüzey komutlarıyla kaplanması sağlanmıştır.

Çizimi oluşturmak için bu kez “Curve (Eğri)” menüsünde bulunan sekmelerden yararlanılmıştır. Modeli oluşturmak için yeni çalışma sayfası açılarak “View (Görünüm)” menüsünden “Top (Üst)” görünüm seçilir. Araç çubuğundan “Curve” menüsü içerisinde bulunan “Line (Çizgi)” komutu tıklanır. Taban ölçüsü önceki karo modeli gibi 112 mm olarak belirlenmiş olduğundan üçgenin uzun kenarı 112 mm olarak belirlenerek X ekseninde bu değer girilir ve onaylanır.



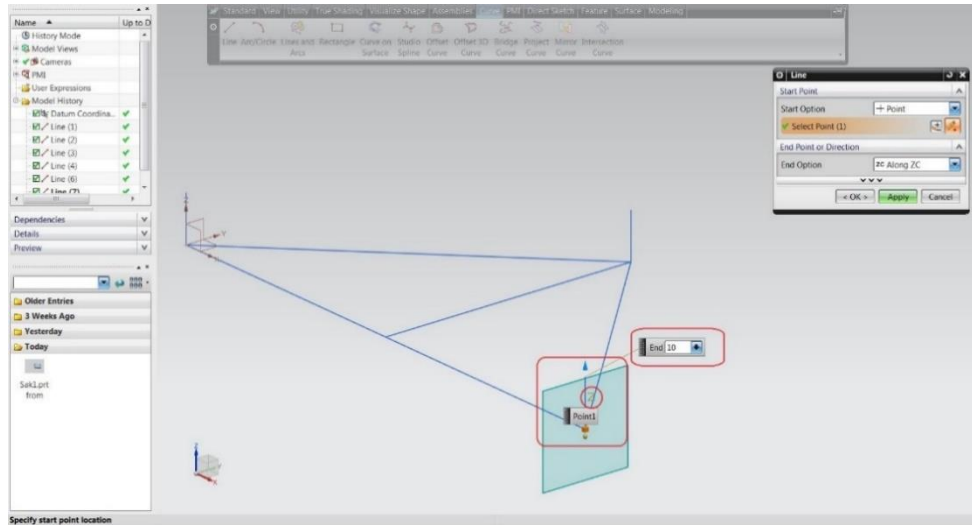
Görsel 34: Taban Çizgilerinin Oluşturulması.

Diğer iki kenar birbirine dik ve eş kenar olacağından gerekli ölçüler girilerek Görsel 35'te görünen çizgiler oluşturulur ve Line komutundan çıkılır.



Görsel 35: Taban Çizgilerinin Oluşturulması

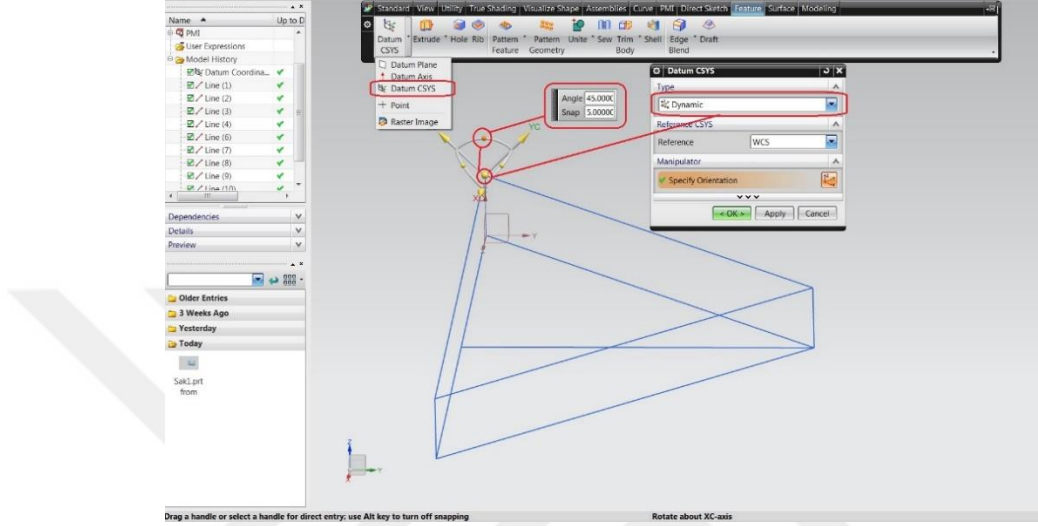
Görünüm menüsünden “Trimetrik (Üç Boyutlu)” görünüm seçilerek üç eksenin de görünmesi sağlanır. Oluşturulan taban çizgilerine Ekstrüzyon komutu ile yükseltme yerine boyut verebilmek için Görsel 36'daki gibi modelin taban yüksekliği olan 10mm ölçüsünde her köşesinden Z ekseninde çizgi eklenir.



Görsel 36: Boyut Verilecek Kenar Çizgilerin Çizilmesi

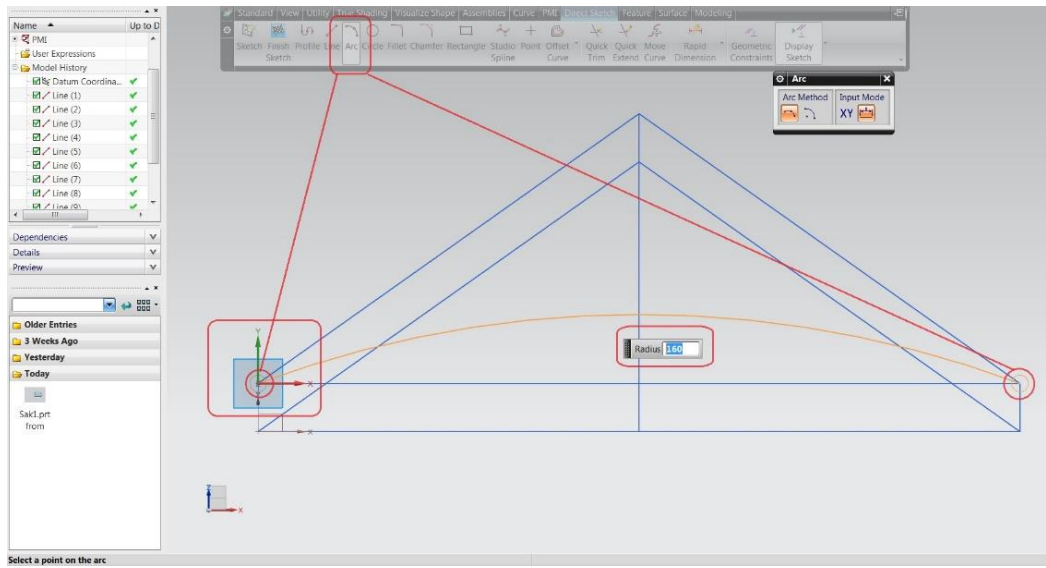
Üçgen prizmanın tamamlanabilmesi için ucu açık kalan çizgiler taban çizgileri doğrultusunda birleştirilir ve taban kafes şeklinde çizilmiş olur.

Kafesin uzun kenarının başlangıç noktasına 45°lik açıyla yeni bir koordinat düzlemi eklenir ve bu düzlem üzerine bir yay çizilir.

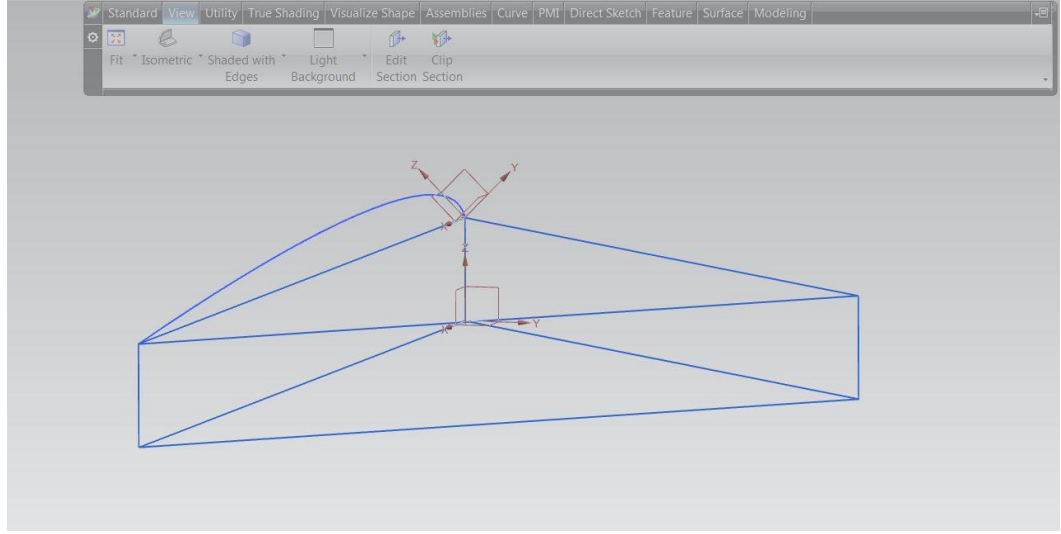


Görsel 37: Koordinat Düzleminin Eklenmesi

Yeni koordinat düzleminde çizilecek olan yay yüzey modelleme yaparken yardımcı olacak ana hat çizgilerinden birisidir. Yüzey oluştururken yüzeyin çizgi boyunca ilerlemesini sağlayacaktır. Direct Sketch menüsünden oluşturulan koordinat düzleminin X-Y düzlemini seçerek Sketch menüsünden belirlenen ölçülerle bir yay çizilir ve Sketch bölümü kapatılır.

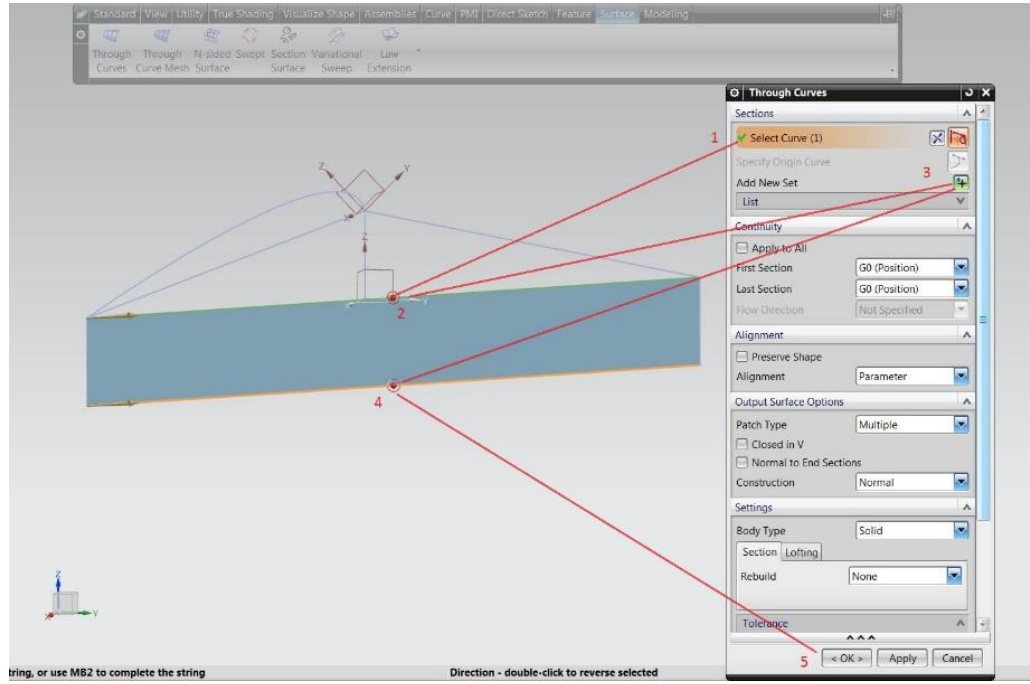


Görsel 38: Oluşturulan Koordinat Düzleminde Yay Çizilmesi



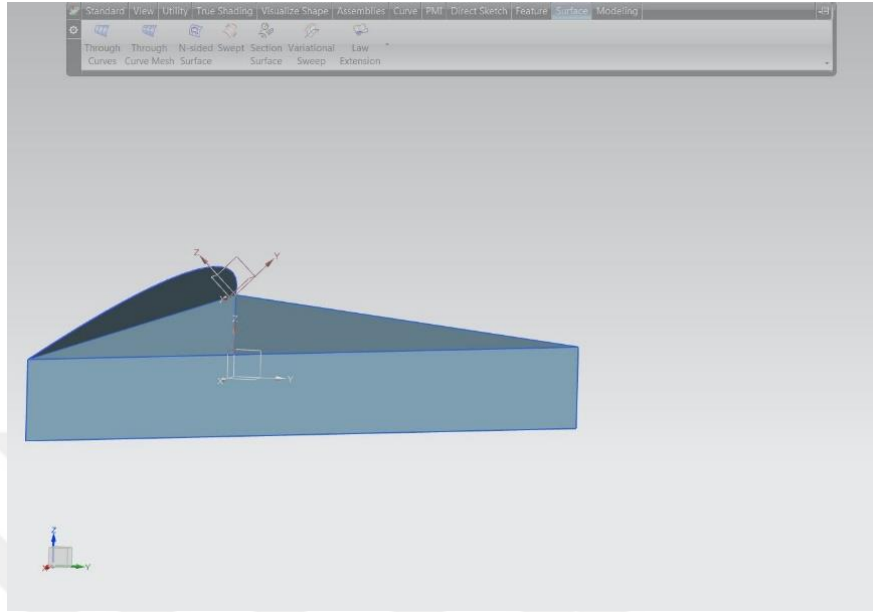
Görsel 39: Tel Kafesi Oluşturulan Modelin Üç Boyutlu Görüntüsü

Sınır çizgileri ve köşeleri belirlenen modelin yüzeylerinin oluşturulması için çizilen eğriler yardımıyla yüzeylerin belirlenmesi “Surface (Yüzey)” menüsü altında bulunan “Through Curves (Eğriler Yoluyla)” komutu yardımıyla sağlanır. İki çizgi arasında yüzey oluşturulacağından Görsel 40’ta görünen sıralama ile komut uygulanır ve ilk yüzey oluşturulur.



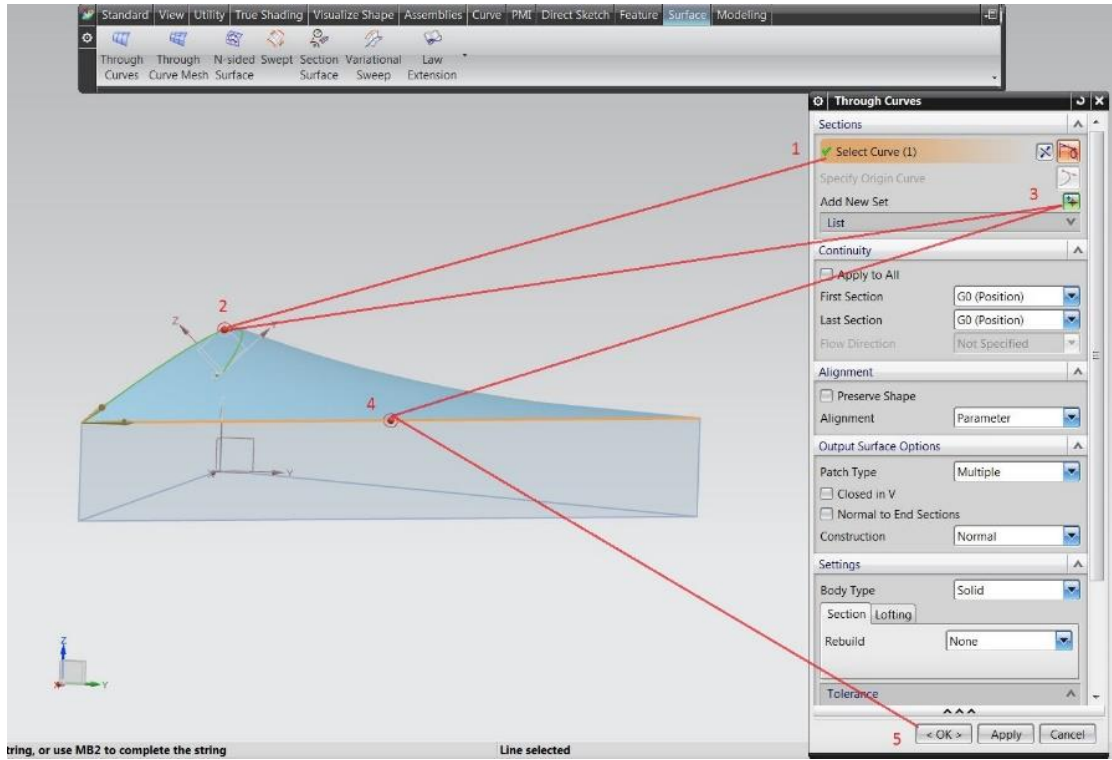
Görsel 40: Surface Komutunun Uygulanması

Ardından modelin diğer yüzeylerinin de oluşturulması için aynı komut uygulanarak Görsel 41'deki görünüm elde edilir.

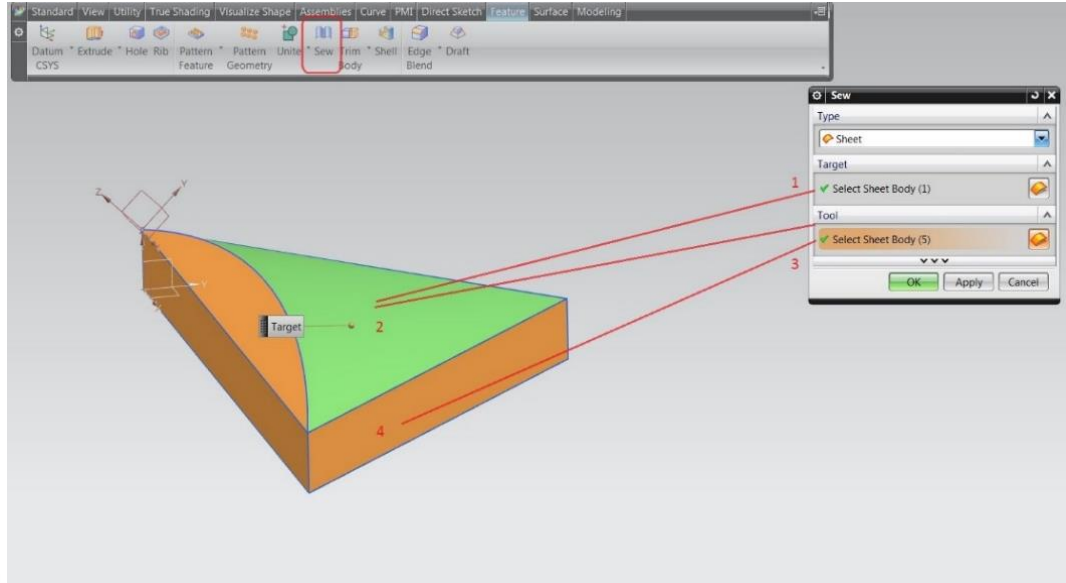


Görsel 41: Yüzeylerin Oluşturulması

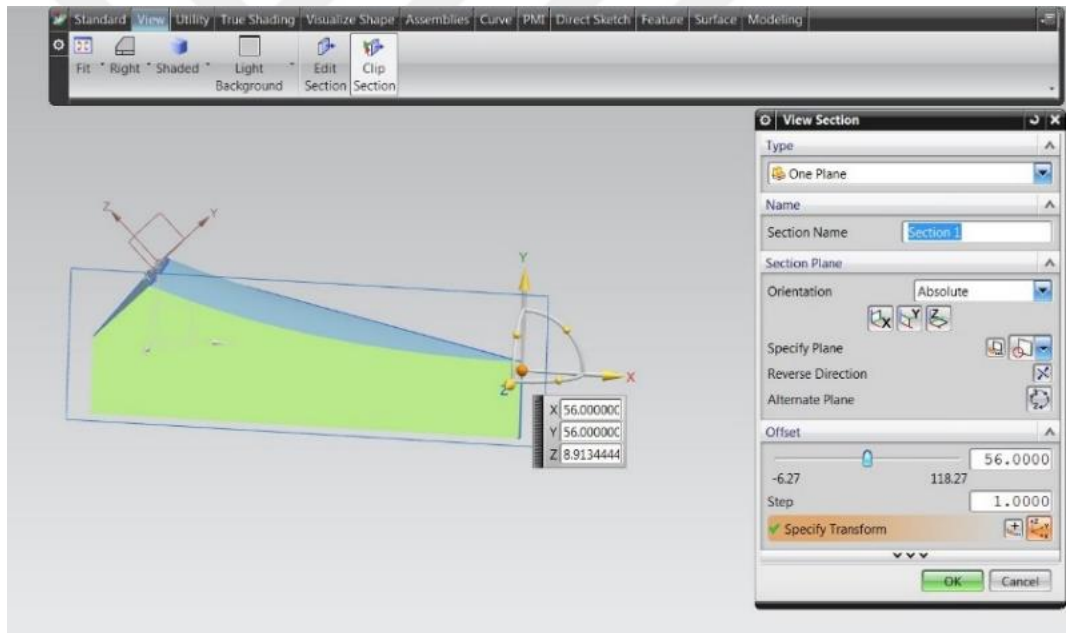
Modelin üst kısmında kavisli bir yüzey elde etmek istenildiği için çizilen yay ile açığa kalan diğer çizgilerden birisi arasında bir yüzey oluşturulur.



Görsel 42: Kavisli Yüzeyin Elde Edilmesi



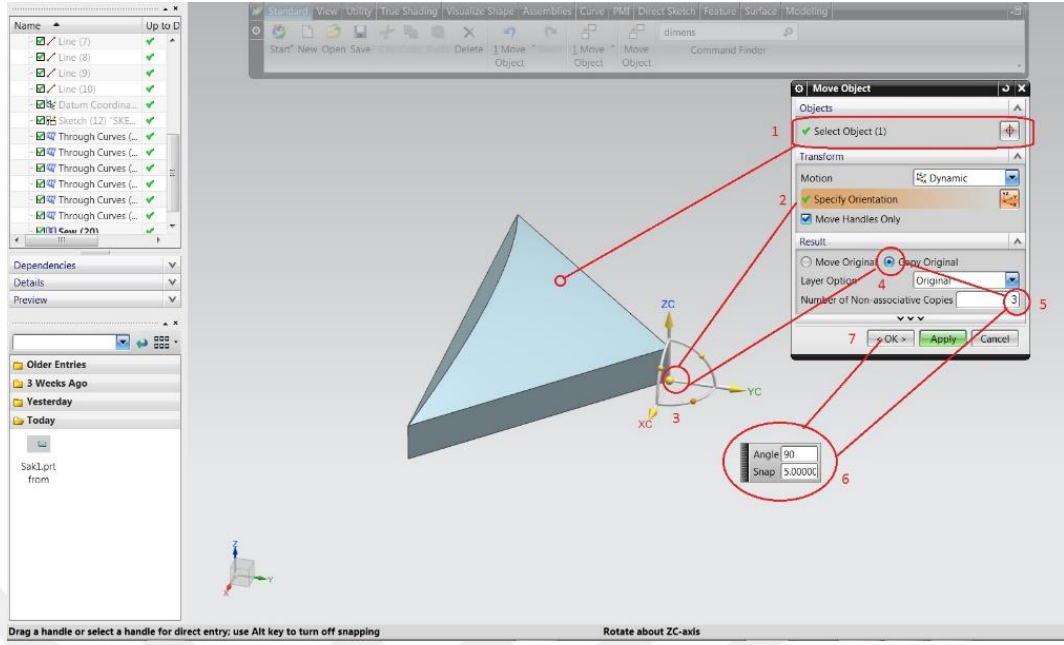
Görsel 44: Sew Komutu İle Yüzeylerin Birleştirilmesi



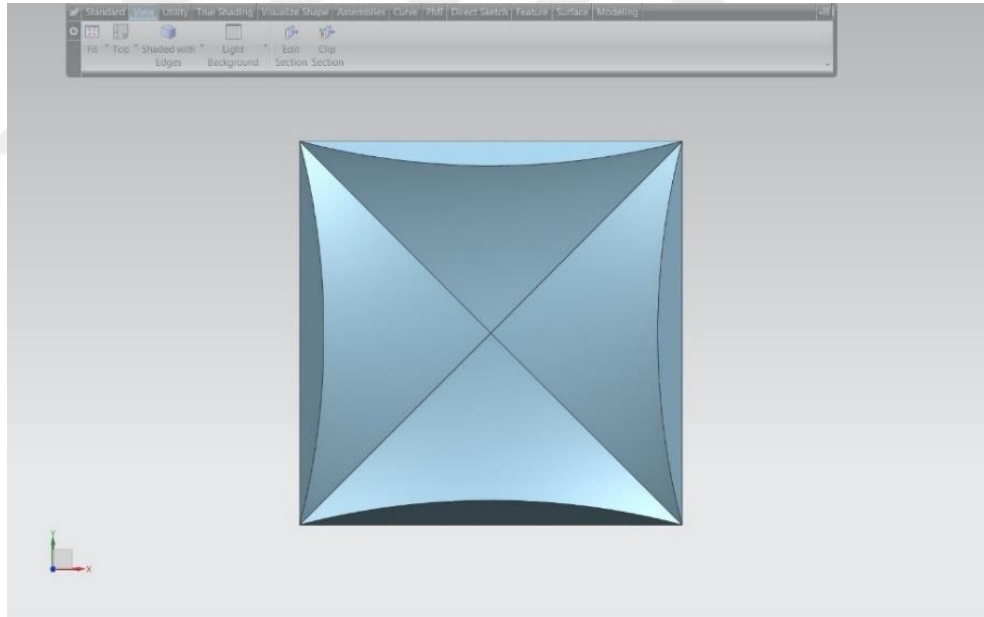
Görsel 45: Hacimli Modelin Kesit Görüntüsü

Bu şekilde modelleme aşamasının başında belirtildiği üzere dört adet üçgen formun bir eksen üzerinde döndürülerek çoğaltılması ve birleştirilmesi ile oluşturulacak karonun birimi hazırlanmış olur.

Standart menüsü altında Move Object (Cismi Taşı) komutu tıklanır. Burada “Copy (Kopyala)” kutucuğu işaretlenir ve döndürülecek eksen belirlenir. Döndürme açısına 90° verilerek üç adet kopyalanacağı gerekli yere yazılır ardından onay tuşuna basılır.

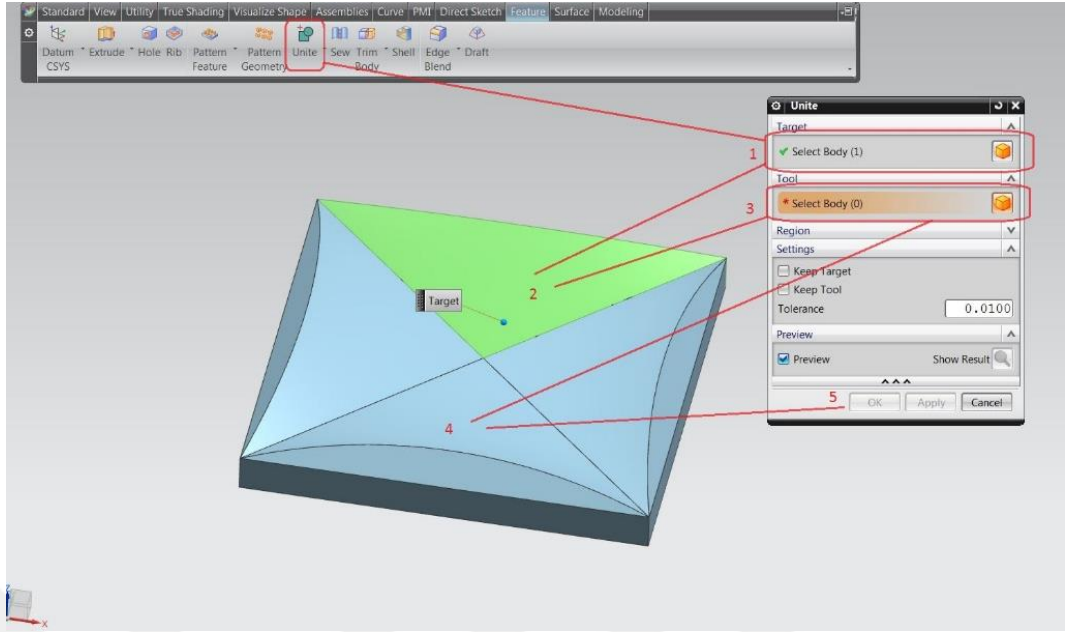


Görsel 46: Taşıma Komutu İle Birimin Döndürülerek Çoğaltılması



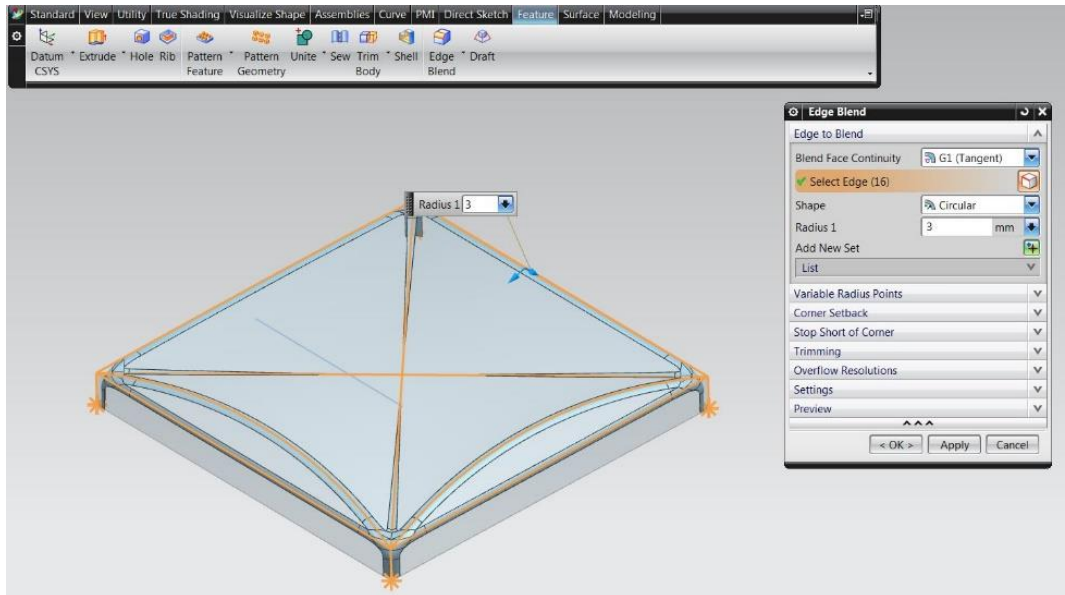
Görsel 47: Çoğaltılan Birimin Üst Görünüşü

Bir birimin kopyalanarak oluşturulan toplam dört birimden oluşan karo modelinin bir bütün olabilmesi için Feature menüsü altında Boolean komutlarından “Unite (Birleştirme)” komutu tıklanır. Ardından Görsel 48’de görünen sıralama ile katı birimler seçilerek komut uygulanır ve birleştirme tamamlanır.

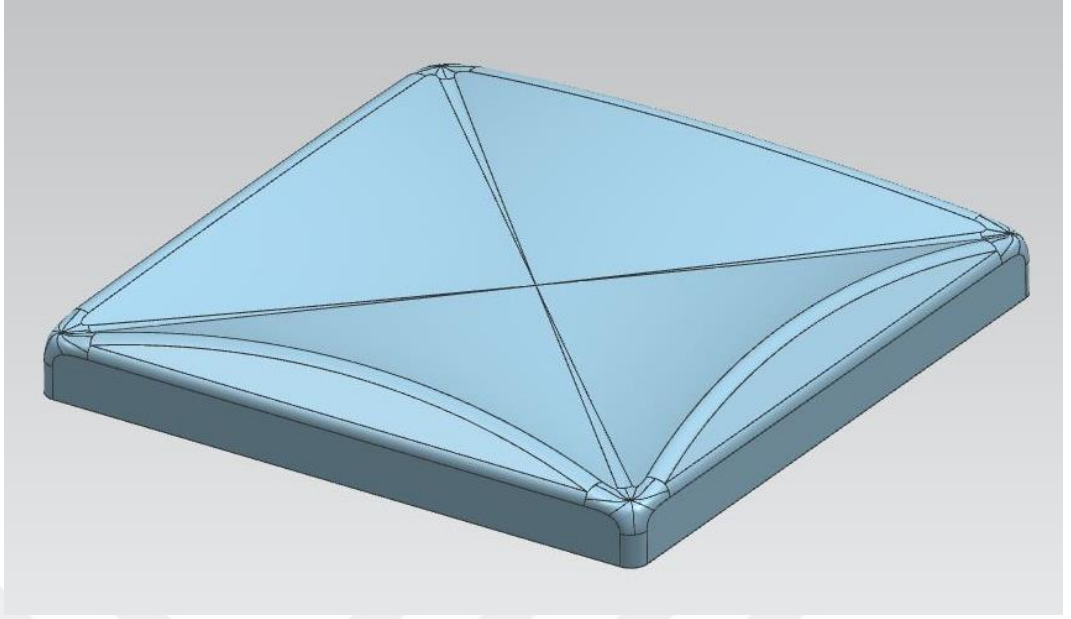


Görsel 48: Unite Komutu İle Katı Birimlerin Birleştirilmesi

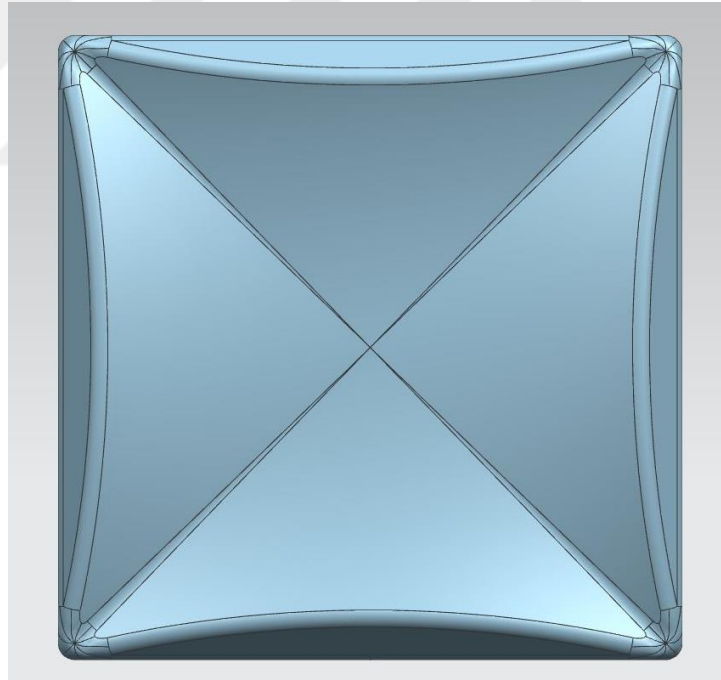
İlk modelde de gösterildiği gibi keskinliğinin giderilmesi için Edge Blend komutu ile kenar ve köşelerin yumuşatılması gerekir. Bunun için yumuşatılacak kenarlar seçilir ve komut uygulanır. Böylece Model 2'nin görsel üç boyutlu görüntüsü tamamlanmış olur.



Görsel 49: Edge Blend Komutunun Uygulanması



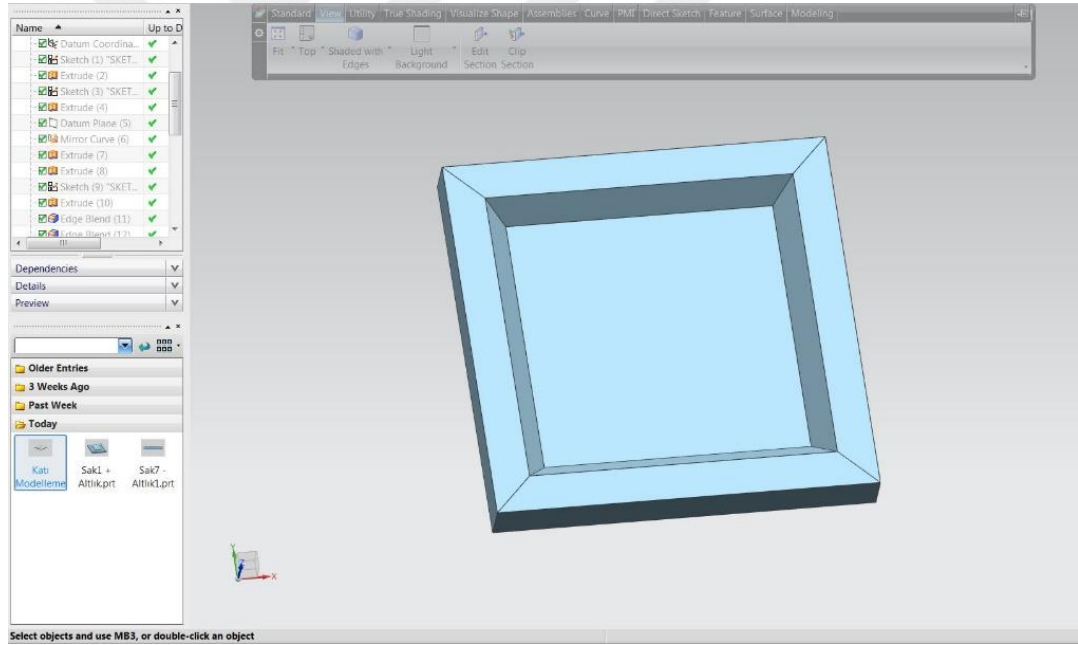
Görsel 50: Model 2'nin Nihai Görüntüsü Üç Boyutlu Görüntüsü



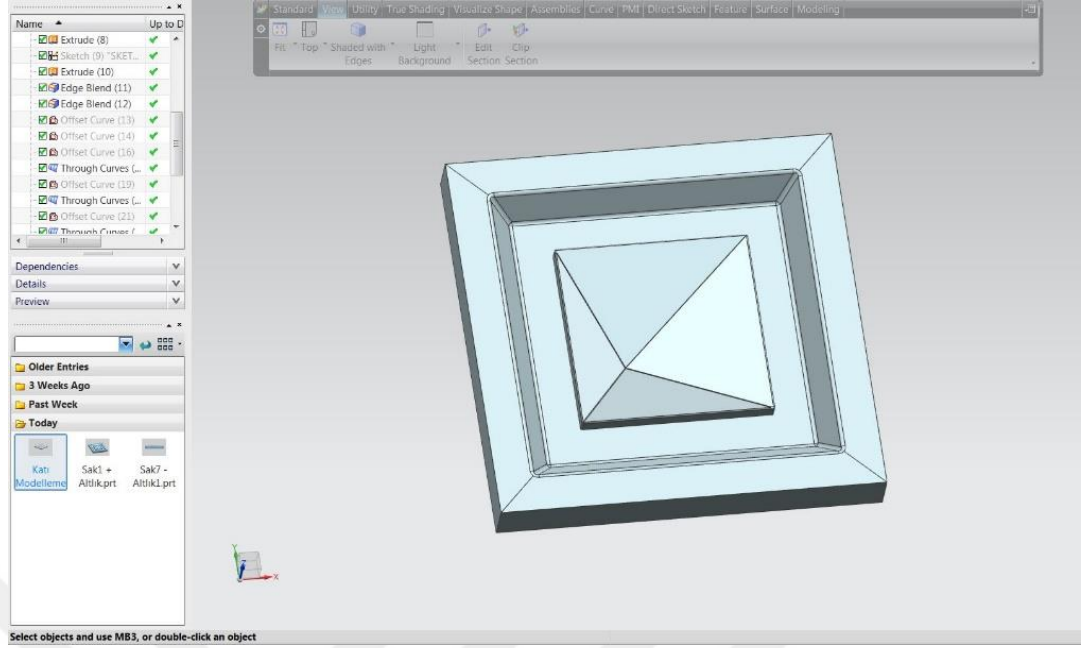
Görsel 51: Model 2'nin Nihai Görüntüsü Üst Görüntüsü

Biçimlendirilen karo modellerinin üretime hazır hale getirilebilmesi için kalıp çalışmalarının yapılması gereklidir. Karoların üretiminin yarı yaş presleme yani Rampress ile yapılması düşünüldüğünden preslemede kullanılacak iş kalıplarının

bilgisayar ortamında oluşturulması ve CNC yardımı ile işlenmesi düşünülmüştür. Fakat iş kalıbının çoğaltılması için tekrar CNC'nin çalıştırılması yerine teksir kalıbı üzerinden çoğaltılması daha faydalı, hızlı ve düşük maliyetli olacağı saptanmıştır. Bu nedenle iş kalıbını çoğaltabileceğimiz teksir kalıbının yapılmasına karar verilmiştir. CNC yardımıyla işlenebilmesi için bilgisayar ortamında modelin bir taban ile birleştirilerek teksir kalıbının yapımı tamamlanmıştır. Karoların üretimi Rampress ile yüksek basınç altında kalıp ile çamurun basılmasıyla yapılacağından alçının basınca karşı dayanımı yetersiz olacaktır. Bu nedenle kalıbın dış hatlarını çevreleyen ve alçının dayanımını artıran metal çerçeve kullanılacağından çerçevenin oturabileceği ölçülerde taban yapılmıştır. Görsel 52'de görülmekte olan taban model ile birleştirilip Görsel 53'teki gibi teksir kalıbı oluşturularak CNC' de işleme aşamasına geçilmiştir.



Görsel 52: Teksir Kalıbı İçin Oluşturulan Taban



Görsel 53: Tabanın Model İle Birleştirilmesi

3.3. Modellerin Sayısal Tezgâhlarda İşlenmesi

CNC tezgâhların hazırlanan teksir kalıp modellerini işleyebilmesi için grafik olarak elde edilen görüntünün hareket komutlarını oluşturan sayısal kodlara çevrilmesi gerekmektedir. Sayısal kodların çıkarılması sürecinde programda ortalama işleme süresinin ve üretim simülasyonunun (benzetiminin) görülebilmesi mümkündür. Bu da üretim öncesi avantaj sağlamaktadır. Modellerin işlenmesinde kullanılacak olan CNC'nin kendi bünyesinde bilgisayar olması nedeniyle tasarımın yapıldığı bilgisayarda sayısal kodlar oluşturulup taşınabilir bellek ile CNC'nin bilgisayar hafızasına aktarılmıştır.



Görsel 54: Modellerin İşleneceği CNC'nin Bilgisayarlı Kontrol Ünitesi

Kodların aktarılmasından sonra işlenecek malzeme olarak CNC'de kullanılan diğer malzemelere göre erişimi, maliyeti ve kullanımı kolay olan alçı tercih edilmiştir. İstenilen ölçülerde alçı bloklar hazırlanarak teksir kalıpları işlenmiştir. Fakat teksir kalıplarından üretim kalıbı alınırken yaşanan kırılmalar nedeniyle daha dayanıklı sert bir malzeme kullanılmasına karar verilmiştir. Sert bir plastik malzeme olarak bilinen Polietilen, dış ortam koşullarına ve nemli ortamlardaki dayanımıyla da uzun süreli kullanımlarda avantajlar yaratacağından modeller bu malzeme ile işlenmiştir. Fakat uzun süreli üretim yapılmayacak veya çok parçalı işler üretilmeyecekse maliyet açısından malzeme olarak teksir alçısından elde edilen bloğun işlenmesi tercih edilebilir.

Teksir kalıbının dış ölçüleri büyüklüğünde polietilen parçalar hazırlanmış ve 250x250x50mm ölçülerinde hazırlanan plaka parçası CNC nin işleme tablasına yerleştirilip işlemeye hazır hale getirilmiştir. Ardından koordinat düzlemi parçaya göre ayarlanarak sıfır noktası belirlenmiştir.



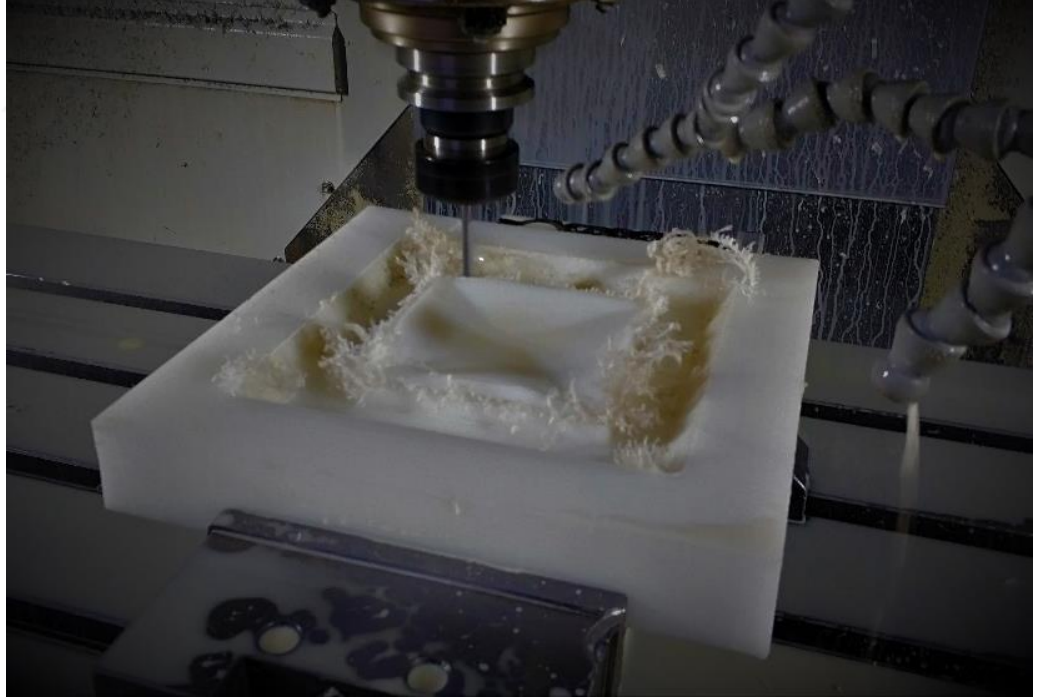
Görsel 55: Polietilen Parçanın Tablaya Yerleştirilmesi ve Koordinatlarının Sıfırlanması

Kullanılan CNC’de işleme ucunun ısınmasını ve işlenen parçanın plastik yapısı nedeniyle ısınmasıyla oluşacak yanma izlerini engellemek amacıyla soğutma sistemi olarak bor yağı kullanılmıştır. İşlenen parçanın cinsine göre soğutma sisteminin gerekli olup olmadığı belirlenebilir. Alçı bloğun işlenmesi sırasında ısınma dezavantaj yaratmayacağından gerek duyulmayabilir.

Model işlenmeden önce parçanın doğru yerleştirilmesi, hareket etmeyecek şekilde tablaya sabitlenmesi, koordinat sıfırlamasının dikkatlice yapılması ve işlenecek parçaya göre doğru işleme ucunun kullanılması gibi gerekli kontroller yapıldıktan sonra CNC’nin bilgisayar hafızasına yüklenen koordinatlar vasıtasıyla parçanın işlenmesine başlanmıştır.



Görsel 56: Modelin Kaba İşleme Aşaması ve Soğutma Sistemi



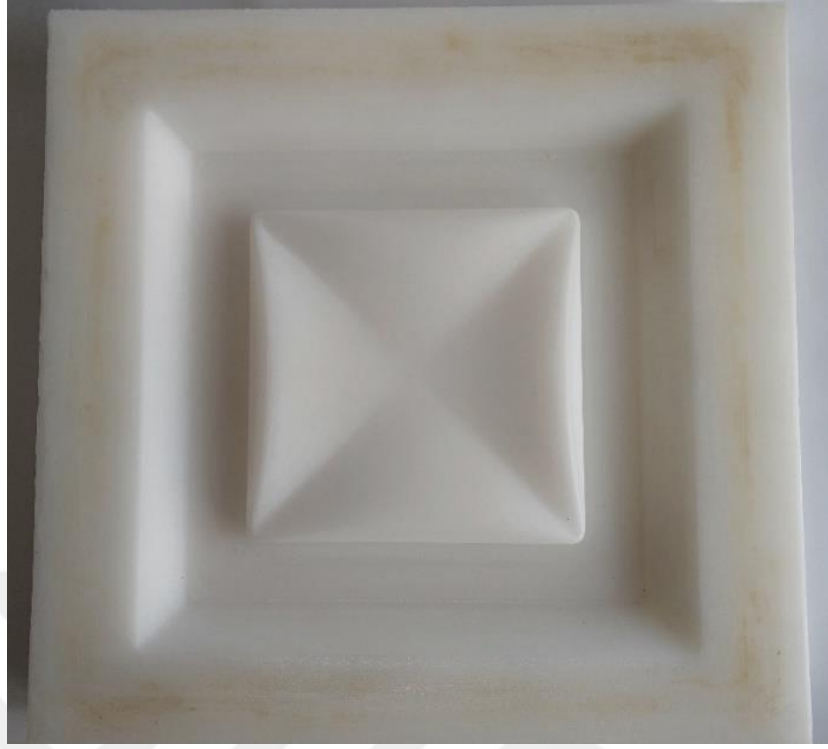
Görsel 57: Modelin İnce İşleme Aşaması



Görsel 58: Modelin Oluşturulması



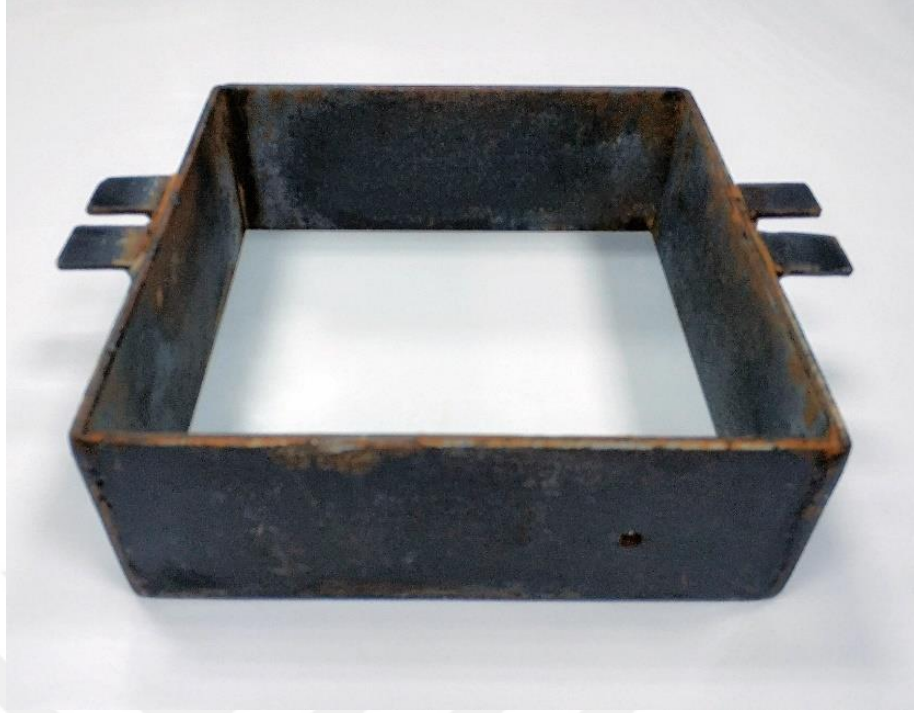
Görsel 59: Modelin Oluşturulması



Görsel 60: Modelin İşlenmiş Hali

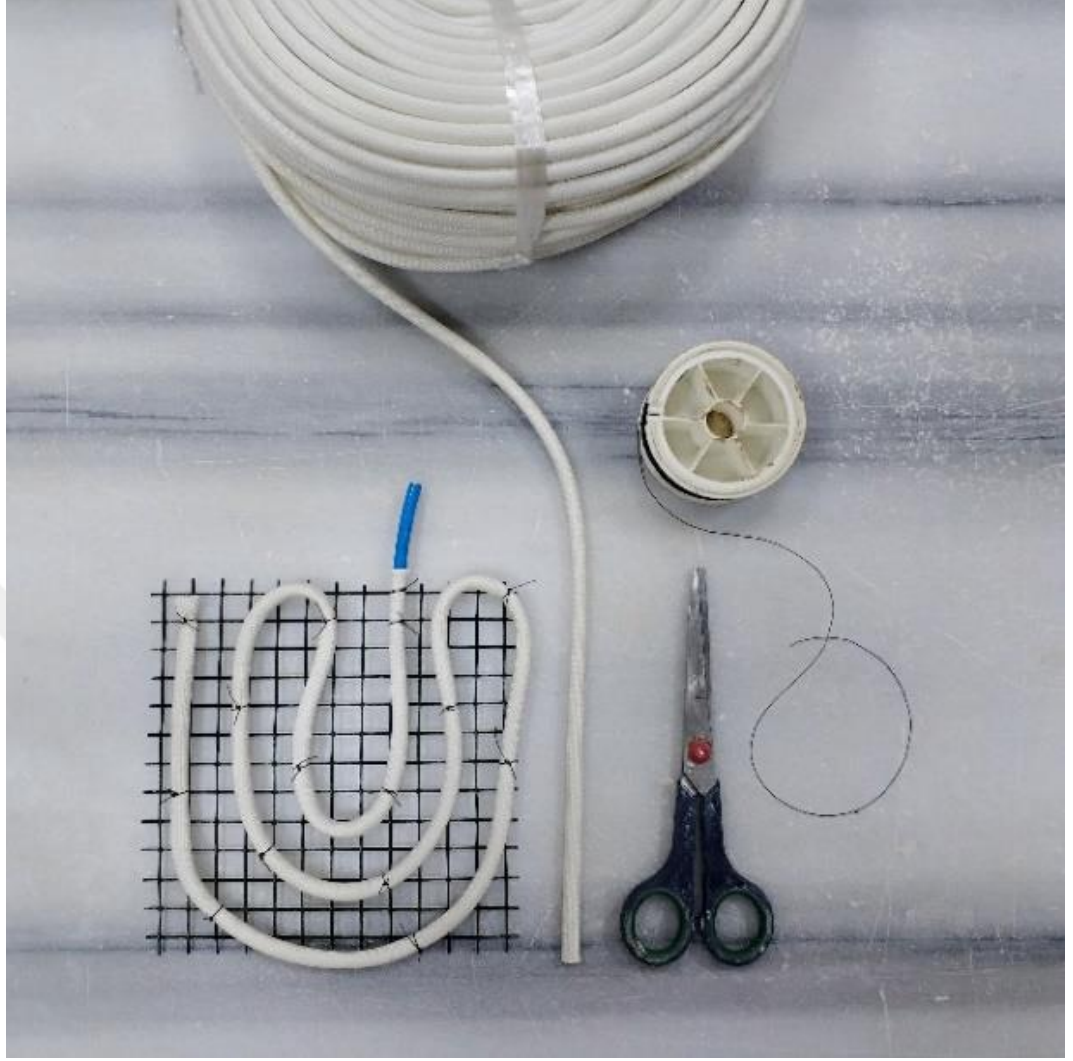
3.4. Modellerin Kalıplarının Oluşturulması

Teksir kalıp modeli üzerinden Rampress'te kullanılacak olan alçı bloğun döküleceği çerçeve seçimi pres kalıbının dayanıklılığı açısından önemlidir. Modelin ölçülerinin büyüklüğüne göre metal çerçevenin demir et kalınlığı belirlenir. Bunun nedeni formun büyümesine bağlı olarak kullanılan alçının çerçeveye uyguladığı basıncın artmasıdır. Çerçeve demirinin kalınlaşmasıyla esneme önlenmiş olur. Örneğin 200 mm ölçülerinde kare bir modelin basıncı fazla olacağından 10 mm civarında et kalınlığı olan demir sac kullanılır. Bu kalınlık modelin büyüklüğüne göre 20 mm'e kadar çıkabilmektedir. Fakat üretimi gerçekleştirilecek olan karoların model ölçüleri 112 mm X 112 mm olması nedeniyle demir kalınlığını incelterek 7 mm kalınlığında demir kullanılarak ekonomik bir çerçeve oluşturulmuştur. Çerçevenin yüksekliği ilk aşamada 50 mm olarak belirlenmiştir. Fakat üretim sürecinde kalıbın çatlayarak zarar görmesi deneyimlenerek alçının dayanıklılığını artırmak ve kalıbın kırılarak zarar görmesini engellemek amacıyla çerçevenin yüksekliği en az 70 mm olmasına karar verilmiştir. Teksir kalıp modelinin boşta kalan yan yüzeylerine oturacak şekilde iç ölçüleri 210 mm x 210 mm x 70 mm olan bir çerçeve yapılmıştır.



Görsel 61: Çerçevenin Genel Görüntüsü

Hazırlanan çerçeve her kenardan eşit uzaklıkta olacak şekilde model üzerine yerleştirilir. Alçı dökümü esnasında alçının sızması çerçeve ile modelin birleştiği kenarlar çamur ile sıvanarak engellenir. Sonrasında kalıbın içerisine basılacak olan çamurun ürün olarak sorunsuz çıkarılması için alçının içerisinde kalacak şekilde hava geçirgenliği olan bir hortum sistemi yapılır. Burada kullanılan malzeme 6mm çapında HTG cam elyaf makaron diye tabir edilen bir hava geçirgenliği olan bir hortumdur. Basılacak modelin ölçülerine göre kümes teli olarak bilinen ızgara tel üzerine makaron hortum sarmal biçimde ip veya misina ile sabitlenir. Ucuna kalıp demirinden dışarı çıkacak olan ve hava sisteminin bağlanacağı sert hortum bağlanır. Bu bağlantının sağlam yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde alçı döküm sırasında içine alçının sızması durumunda hortumu tıkayabilir.



Görsel 62: Hortum Sisteminin Hazırlanması

Alçı karışımının kalıba dökülmesi sırasında hava sisteminin yerini koruyabilmesi için hazırlanan hortum modelin üzerine oturtulan kalıp demirine sabitlenir. Sabitleme yapılırken sert hava hortumunun kalıp demirine açılan delikten geçirilmesi ve hortum sisteminin modele en az 2cm, en fazla 3,5cm uzaklıkta olmasına dikkat edilmelidir. Hava sistemi dış yüzeye yakın olursa kalıpta deformasyon veya patlama ihtimali vardır. Eğer dış yüzeye uzak olursa ürünün kalıptan çıkarılma süresi uzar ve ürün bünyesine su işler. Böylece hava sistemi hazır olan kalıp alçı dökümü için hazırlanmış olur.



Görsel 63: Hortum Sisteminin Kalıp Demirine Sabitlenmesi

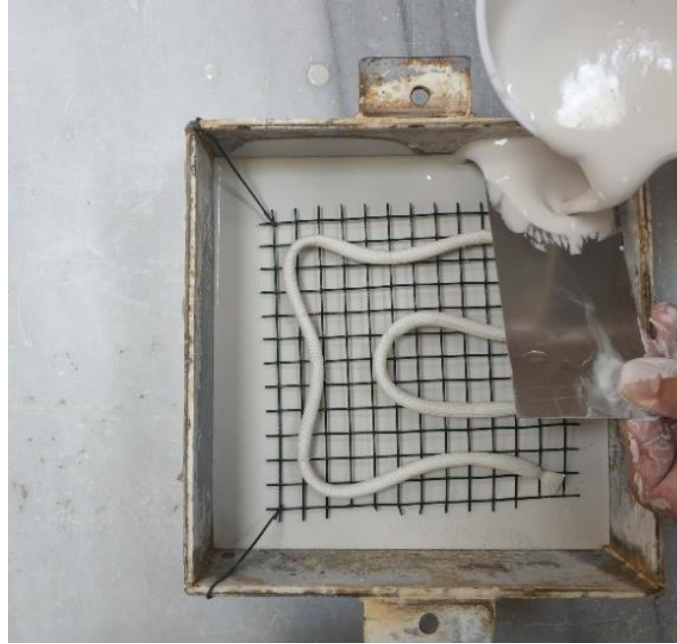
Kalıp Rampress'te kullanılacağından mukavemeti yüksek olan pres alçısı tercih edilmiştir. Kullanılan alçının su ile karışım oranı üretici firmanın teknik verilerine göre 2,8 : 1 olarak belirlenmiş ve bu şekilde kullanılmıştır. Örnek vermek gerekirse 28 kg alçı 10 kg su ile karıştırılmalıdır. Kullanılan suyun sıcaklığı yaklaşık 40 °C ila 50 °C olmasına dikkat edilmelidir. Suyun sıcaklığı ile alçının su ile reaksiyona girme süresi arasında yakın bir ilişki vardır. Belirtilen sıcaklıklardan daha soğuk su ile hazırlanan alçı karışımının donma süresi uzar. Bunun yanında 50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda da donma süresi oldukça kısadır. Bu orantıya göre karıştırma kovaasına ilk önce su koyulur. Ardından yine orana göre tartılmış olan alçı suyun üzerine alçı küreği ile serpeleyerek eklenir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta alçının eklenmesi sırasında bir önceki alçının suyun içine çökmüş olması dikkat edilmelidir. Alçı, alçının üzerine değil, su üzerine serpilmelidir. Alçının su içine tamamen konulmasından sonra ortalama 2 dakika alçının ıslanması ve içinde oluşan kabarcıkların çıkması beklenmelidir. Hazırlanan karışımın pütürsüz, topak olmayan homojen bir karışım olmasından emin oluncaya kadar yaklaşık 5-6 dakika karıştırılmalıdır. Karıştırma yavaş ve aynı yöne

doğru olmalıdır. Hazırlanan karışımın içerisindeki hava kabarcıkları yaklaşık 1 dakika bekletilerek ve sonrasında içindeki hava kovanın yanlarına vurularak çıkarılır.



Görsel 64: Alçının Suya Serpelenmesi

Hazırlanan alçı karışımı kalıbın bir kenarından yavaş ve sabit bir hızda akıtılarak çerçevenin içine dökülür. Alçının direk modele çarpmasını engellemek amacıyla yatay bir şekilde tutulan sistire yardımıyla akıtılır. Çerçeve sınırlarını 1- 2mm aşacak şekilde alçı döküldükten sonra prizlenmesi beklenir.



Görsel 65: Alçının Kalıba Dökülmesi



Görsel 66: Alçının Kalıba Dökülmesi

Prizlenmenin kontrolü alçıya kısa zaman aralığıyla bıçak ile ufak yara açılarak sağlanır. Eğer yara kapanıyorsa prizlenme başlamamıştır. Prizin başladığı tespit edildiğinde düz bir master veya cetvel ile kalıbın yüzeyi sıyrılır ve düz bir yüzey oluşturulur.



Görsel 67: Kalıbın Yüzeyinin Masterla Sıyrılması

Ardından kalıbın ısınması takip edilir. Kalıbın ısısı yaklaşık 10°C arttığında kalıba basınçlı hava verilmeye başlanır. İlk aşamada 0.5bar hava basıncı verilir. 1 dakika aralıklarla hava basıncı ½ bar artırılarak 6 bar hava basıncına kadar yükseltilir. 6 bar basınçta kalıp dik konuma getirilerek yaklaşık 1 saat hava verme işlemi devam etmelidir. Bu işlem alçının içindeki gözenekleri açmaktadır. Böylelikle içine basılacak ürün kolaylıkla çıkarılacaktır. Bu işlem bittikten sonra alçının reaksiyonunun tamamlanması için kalıp 48 saat civarı bekletilir. İki günün sonunda kalıp su dolu bir kabin içine konularak 1 saat suya doyurulur. Ardından kalıba hava verilerek gözeneklerin tamamen açılması sağlanır. Kalıba verilecek olan hava ilk aşamada 2 bar olup yavaş yavaş 6 bar hava basıncına yükseltilir. Hava verilirken bir yandan yüzeyde pürüzlük var ise ince zımpara ile yüzey temizlenir. Bu işlemlerle birlikte kalıbın gözenekleri tamamen açılmış ve prese bağlanmaya hazırlanmış olur.



Görsel 68: Kalıba Hava Verilmesi ve Zımparalanması

3.5. Karoların Üretimi

3.5.1. Kalıbın Prese Bağlanması

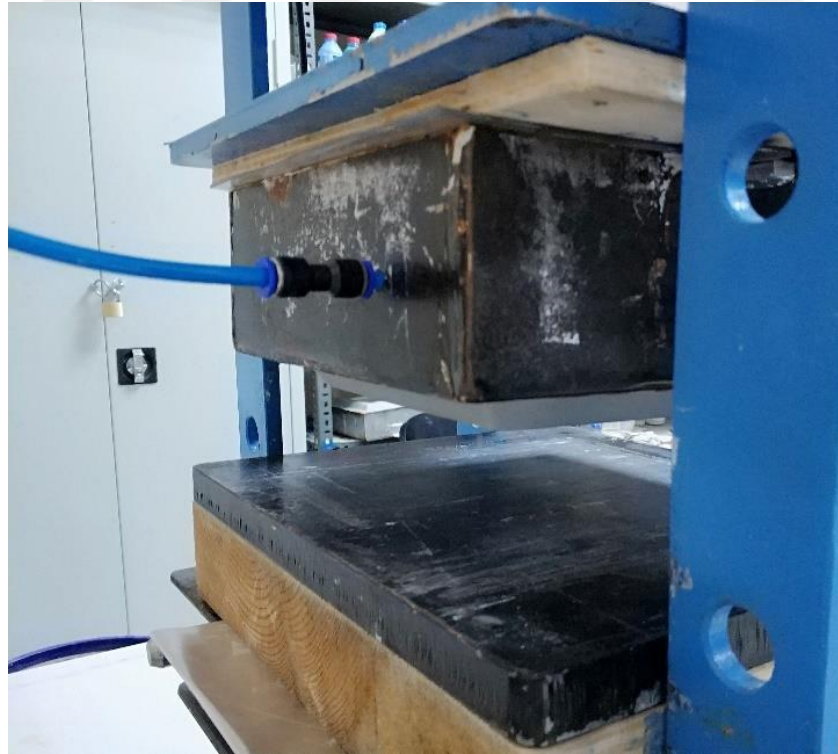
Hidrolik el presi olarak adlandırılan atölye presi revize edilip kalıbı rahat bağlayabilmek amacıyla tabla takılarak üretim için kullanılmıştır. Üretim tamamen atölye koşullarında oluşacağından oldukça ekonomik bir çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Üst tablaya kalıbı bağlamak için bağlantı delikleri açılmıştır. Kalıp alt tablaya düz basacak şekilde oturtulur ve üst tablayı kalıba yakınlaştırarak oluşabilecek boşluk kontrolü yapılır. Boşluk olması durumunda düz bir şekilde alt tablaya basacak şekilde sabitlenmesi için kalıp ile üst tabla arasına kauçuk plaka yerleştirilerek bağlanır. Hava sistemi de kalıbın hava hortumu ile birleştirilir ve basınç ayarları yapılır. Böylece kalıp prese bağlanarak ve gerekli kontroller yapılarak üretime hazır hale getirilmiş olur.



Görsel 69: Boşluk Kontrolü ve Kauçuk Plakanın Yerleştirilmesi



Görsel 70: Kalıbın Tablaya Cıvata Yardımıyla Bağlanması



Görsel 71: Hava Sisteminin Bağlanması

3.5.2. Karoların Preste Basılması

Yapılan denemeler sonucunda endüstriyel açıdan renklendirilmesinde daha olumlu sonuçlar verdiğinden vakum presten çıkarılmış beyaz renkli ak çini çamuru kullanılmıştır. Rampres'te basılacak çamurun sertliği modelin büyüklüğüne göre ayarlanır. Çok sert bir çamur kullanılırsa kalıp içerisinde yayılması ve makinanın zorlanmasına sebep olur. Çok yumuşak bir çamur kullanılması durumunda ise ürünün kalıptan ayrılmasını güçleştirmekle birlikte kalıbın çabuk şekilde ıslanmasına ve yıpranmasına neden olur.

Kullanılacak çamurun miktarı ürünün kütlesine %20 kadar eklenerek belirlenmelidir. Yapılan baskı denemelerinde basılacak karoların miktarları 330gr civarında ölçülmüştür. Eklenecek olan fazlalık çamurla birlikte ortalama 390gr ila 400gr ölçülerinde çamur kullanılmıştır. Çamur olabildiğince yassı bir biçimde keserek basıma hazır hale getirilir. Karoların yükseklikleri 20mm civarı olduğundan çamurun kalınlığı bu yükseklikten düşük olmamalı ve karonun çevre ölçülerini geçmemelidir. Çamurun yassı biçimde kullanılması sayesinde daha hızlı ve sorunsuz bir üretim olur. Kısacası ürünün boyutuna göre çamur hazırlanmalıdır.



Görsel 72: Modele Göre Çamurun Kesilmesi

Kesilen çamurlar baskı sırasında kenarlara yayılacağından yanlarda boşluklar oluşmaması için kalıbın tam ortasına yerleştirilmelidir. Kalıp her kenarından eşit

miktarda basınç uygulayacağından her kenarına eşit miktarda çamur dağılacaktır ve düzgün sonuç alınacaktır.



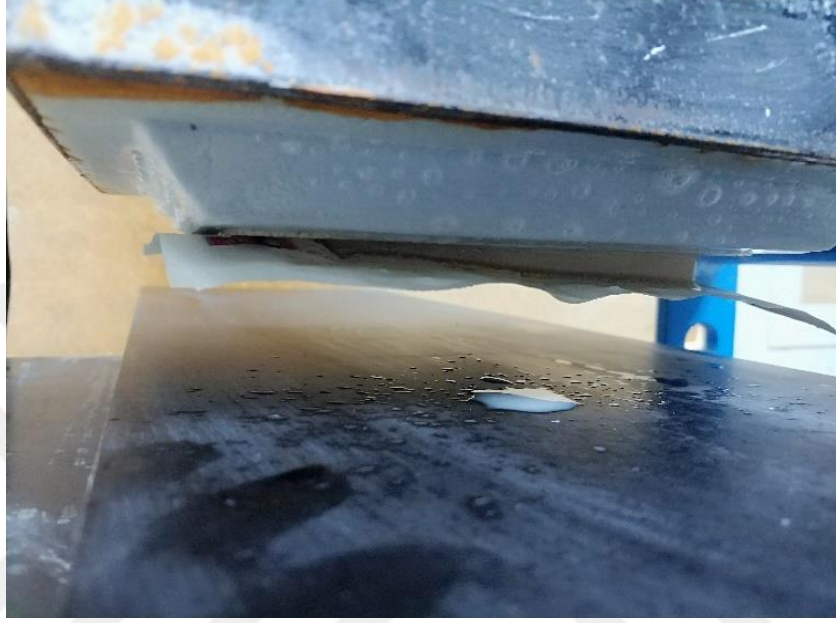
Görsel 73: Çamurun Ortalanarak Koyulması

Kullandığımız pres küçük ve manuel bir atölye tipi olduğundan baskı sırasında basınç el ile kontrol edilir. Baskı sırasında istenilen basınca gelindiğinde 5-6 saniye bu basınç altında beklenir. Ürünün ufak olması nedeniyle tek baskı uygulanması yeterlidir. Fakat ürün büyümesi ve buna bağlı olarak kalıbın da büyümesiyle çift baskı yapılması önerilir.

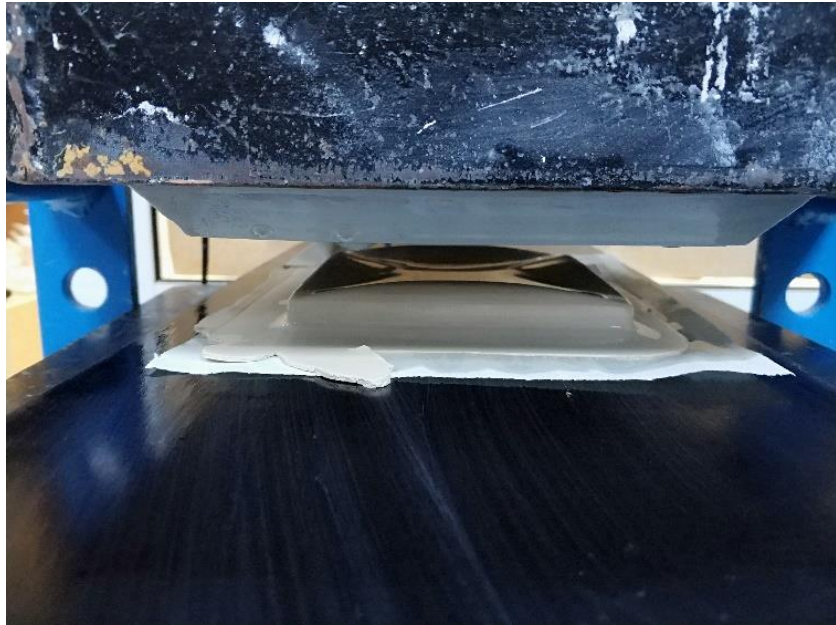


Görsel 74: Çamurun Basılması

Baskı tamamlanıp kalıp yukarı kaldırılır. Basım sonrası ürünün kalıptan ayrılması için eklenen kanallar yoluyla hava verilir. Bu havanın basıncı 5 ila 7 bar arasında olmalıdır. Hava ile ürün kalıbın içinden çıkartılarak tabla yardımıyla alınır.



Görsel 75: Kalıba Hava Verilmesi



Görsel 76: Hava Yardımıyla Ürünün Çıkarılması

Alınan ürünün yan çapakları keskin bıçak yardımıyla alınarak temizlenir. Baskı sırasında ürün kalıpta kalmaz ise kalıp susuz kalmıştır ve kalıp az miktarda su ile doyurulmalıdır. Diğer yandan kalıp fazla ıslanmış ise kalıbın içine hava verilerek suyunu bırakması sağlanır ve bir sünger yardımıyla bu su alınır.



Görsel 77: Ürünün Alınması



Görsel 78: Basılmış Ürünlerin Genel Görünümü

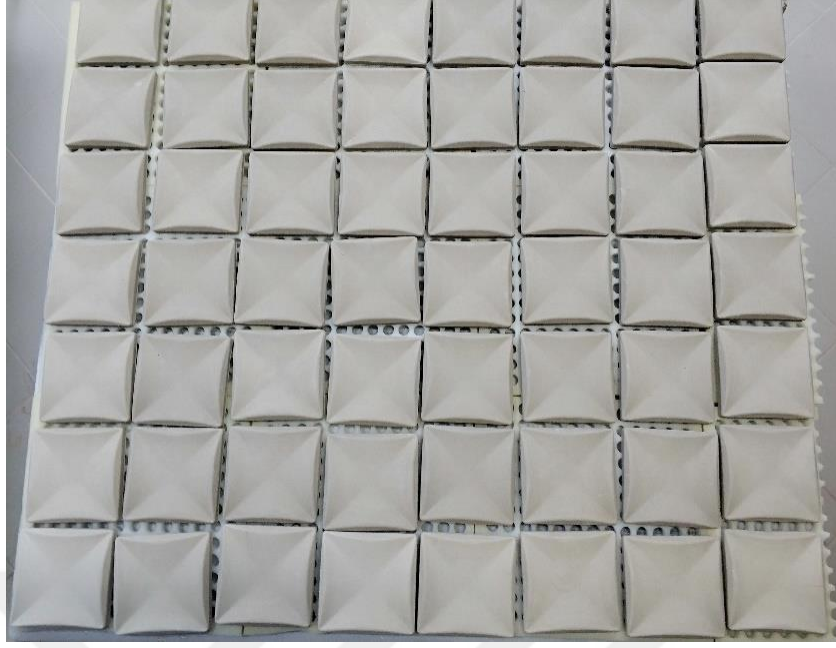


Görsel 79: Yan Çapakların Temizlenmesi ve Dizilmesi

Bu şekilde manuel bir preste saat başına 30 ila 40 adet basım gerçekleştirilebilir. Ürünün büyümesi ve çift baskı yapılması durumunda saatlik baskı adetleri yarı yarıya düşer.

3.5.3. Karoların Sırlanması ve Fırınlanması

Üretilen karolar pişirme öncesinde dikkatli bir biçimde kurutulmalıdır. Yavaş ve kontrollü kurutma için kapalı, serin ve nemli bir ortamda ürünler istiflenir. Hızlı bir kuruma deformasyon ve çatlamalara neden olacağından ürünler açık havaya hemen çıkarılmamalıdır ve bütün yüzeylerin eşit zamanlı kurutulmasına özen gösterilmelidir. Bu kısımda modelin rölyef durumuna göre ara ara ters çevrilerek kurumasına yardımcı olunmalıdır. Kurutma esnasında imkânlar doğrultusunda ahşap ızgaralar veya buna benzer delikli nesnelerin kullanılması homojen kurumaya yardımcı olacaktır.



Görsel 80: Ürünlerin Izgaralarda Kurutulması

Ürünler kontrol edilerek tam olarak kurutulduğundan emin olunduğunda sünger ve zımpara yardımı ile her bir ürünün rötuşu yapılır. Bu sırada deformasyona uğramış veya çatlamış ürünler olup olmadığı kontrol edilir çünkü bisküvi pişirimi yapıldıktan sonra geri dönüşüm olamayacağından pişirim öncesi bu kontrolü yapmak çamur israfının önüne geçmek için önemlidir. Böylece tamamen kurutulmuş ve rötuşu yapılmış olan ürünler pişirmeye hazır duruma getirilir.

Kurutulmuş ürünler bisküvi pişirim diye adlandırılan ilk pişirim için fırına dik ve sıralı bir şekilde hava sirkülasyonu sağlanarak dizilmiştir. Isının homojen şekilde yayılması açısından yer yer aralarında boşluklar bırakılması oldukça önemlidir. Bünyeler arasında oluşabilecek sıcaklık farklılıkları nedeniyle ürün içerisinden yeterli gaz çıkışı gerçekleşmeyebilir. Yeterli gaz çıkışının tamamlanıp tamamlanmaması ve sır emme kabiliyetinin azalması gibi değişkenler nedeniyle pişirim sıcaklığına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde sırlı pişirimde hatalar meydana gelebilir. Bisküvi pişiriminin sıcaklık derecesi kullanılan çamura göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu üretimde kullanılan çamurun bisküvi pişiriminin 1020°C ila 1040°C arasında olması istediğimiz özellikte pişmiş ürünü elde etmemizi sağlamaktadır.



Görsel 81: Bisküvi Pişiriminin Yapılması

Fırından çıkarılan ürünler hafif nemli sünger ile üzerinde oluşan tozlardan arındırılarak sırlama için hazırlanmalıdır. Ürünlerin sırlanmasında rölyeflerin ön planda görünmesini sağlamak amacıyla şeffaf sır tercih edilmiştir. Kullanılacak olan sırn yoğunluğu bomemetre ile ölçülür. Şeffaf sırn yoğunluğu bünyeye uygulama şekline göre değişebilmektedir. Ürünlerin sırlanması daldırma yöntemiyle yapıldığından sır 40 ila 45 bome arası yoğunlukta kullanılması tercih edilmektedir.

Ürünler sırlama maşası yardımıyla dikey biçimde sır içine daldırılarak sırlanır. Sırn yoğunluğuna göre daldırma süresi değişkenlik gösterir. Sırlama sırasında alt kısmının da sır emmesi nedeniyle varsa dip silme aleti veya alt kısımları kazınarak, ardından ıslak sünger yardımıyla silinerek temizlenir. Böylece ürünler ikinci pişirim olan sırlı pişirim için hazırlanmış olurlar.



Görsel 82: Ürünlerin Sırlanması



Görsel 83: Ürünün Altının Temizlenmesi



Görsel 84: Taban Kontrolü

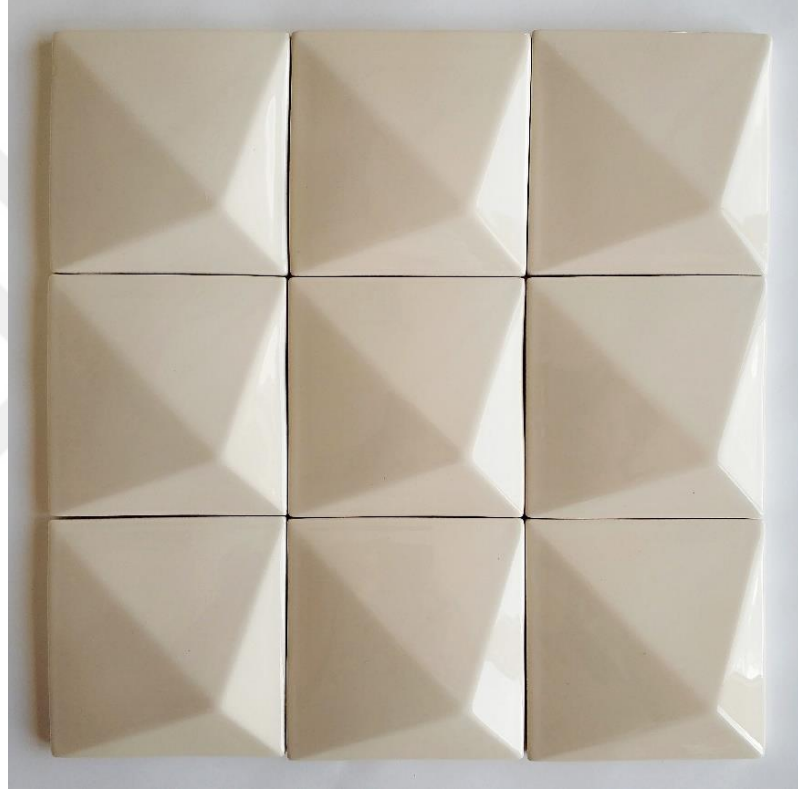
Sırlanmış karolar fırına dizilirken fırın rafına yapışmaları için alt kısımlarında sır kalmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca ürünlerin birbirlerine yapışmaları için temas etmemelidir. Görsel 85’te görüldüğü gibi fırına dizilerek pişirim yapılır. Kullanılan şeffaf sırın 1020°C ile 1080°C arasında ergime derecesi bulunmaktadır. Yapılan denemelerde 1040°C sıcaklıkta olumlu sonuçlar alındığından ürünlerin pişirimi bu derecede yapılmıştır.



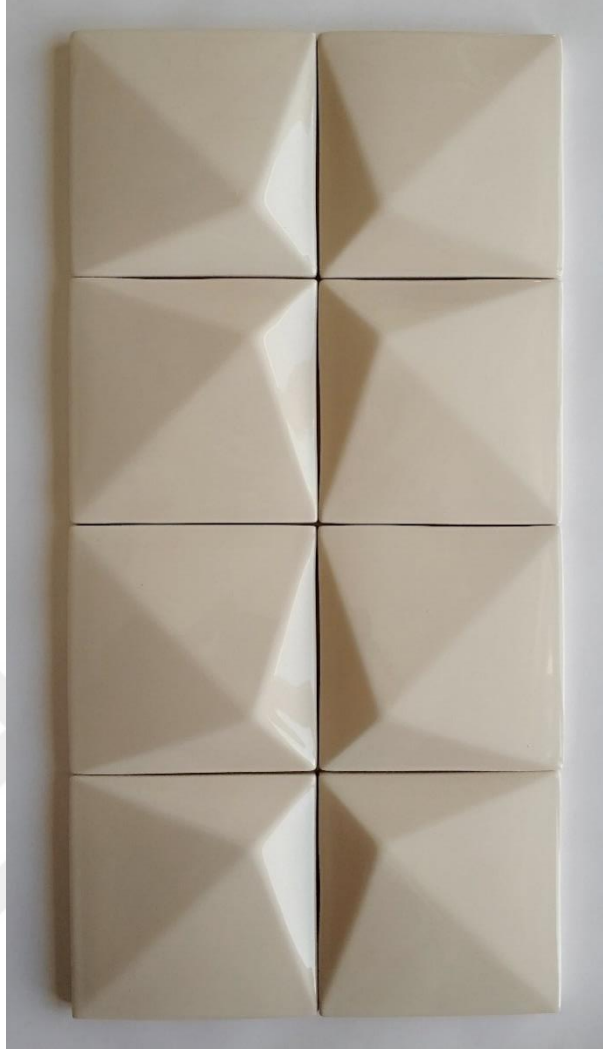
Görsel 85: Ürünlerin Fırına Dizilmesi

Sır pişirimi yapılan ürünlerin kontrolü yapılır, sır çatlağı gibi sır yüzeyinde oluşan hatalar varsa kullanılmamak üzere ayrılır. Ardından kaplanacak yüzeylere uygulanmak üzere karolar hazır duruma gelmiştir.

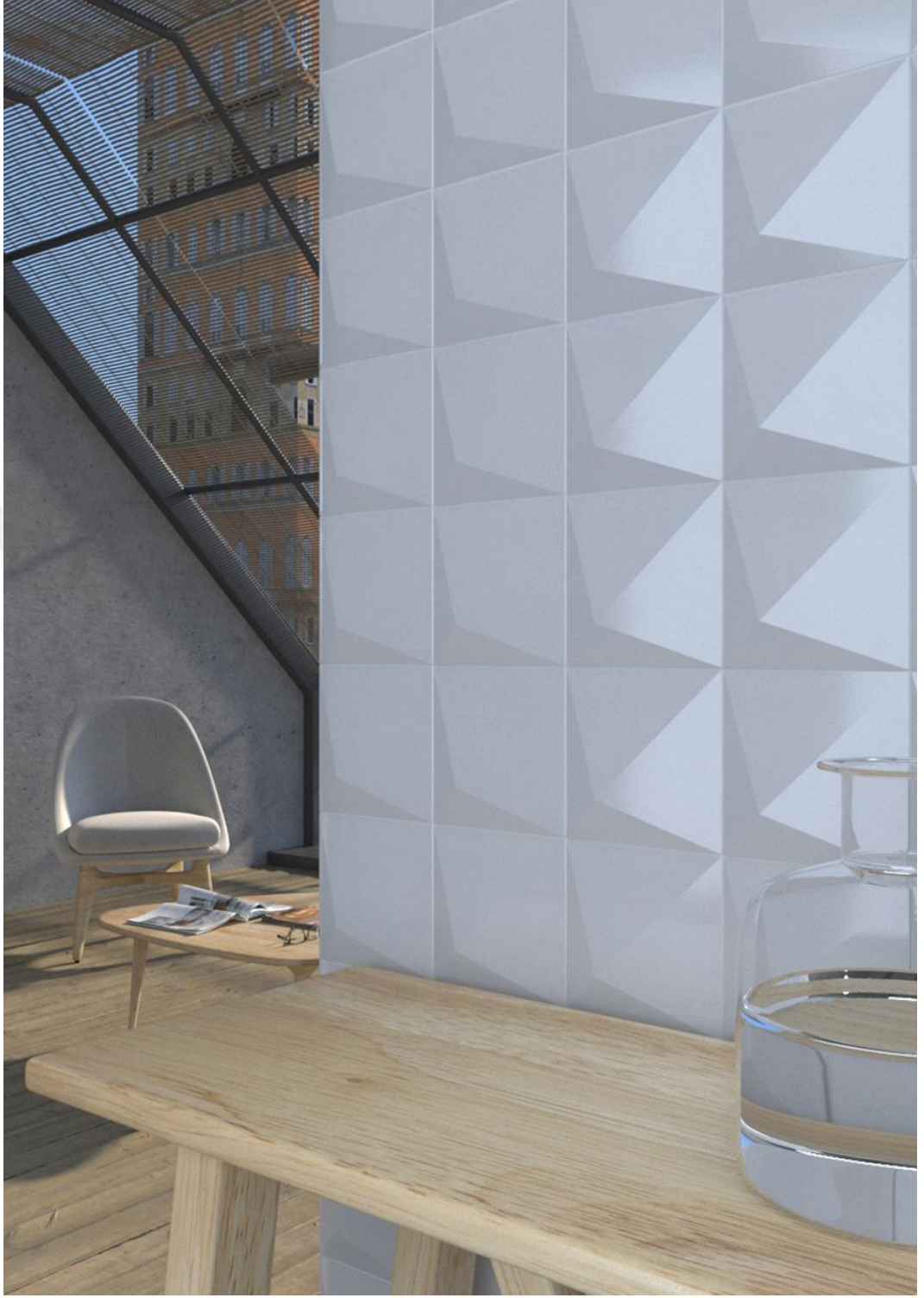
Aşağıda tasarlanan ürünlerin sırlı pişmiş görüntüleri ve üç boyutlu mekâna yerleştirilmiş görselleri görülebilir.



Görsel 86: Model 1'in Sırlı Görünümü



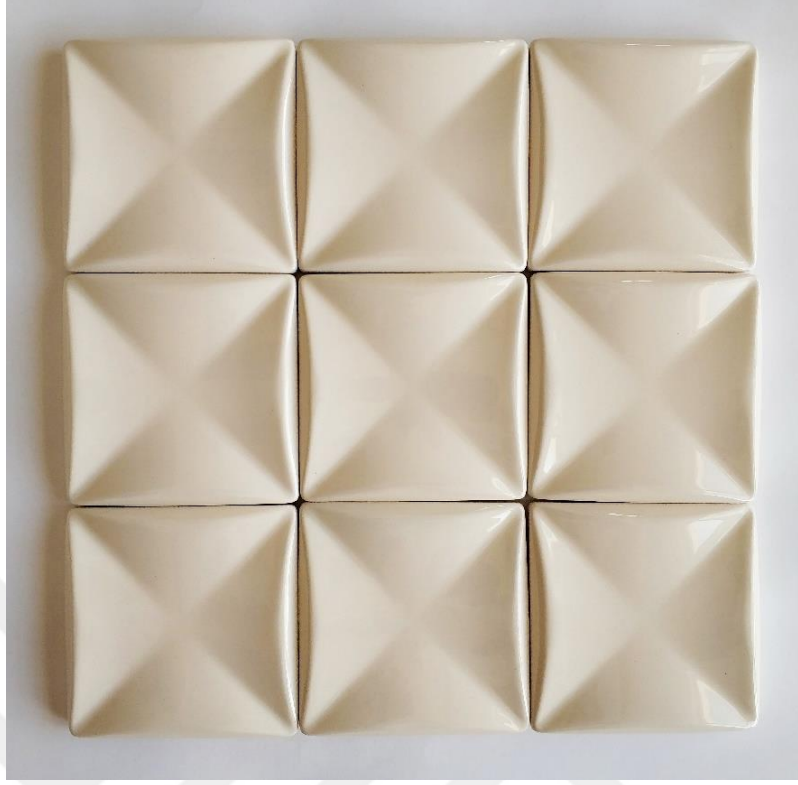
Görsel 87: Model 1'in Farklı Düzenlenmiş Hali



Görsel 88: Model 1'in 3D Max Programında Mekâna Yerleştirilmesi



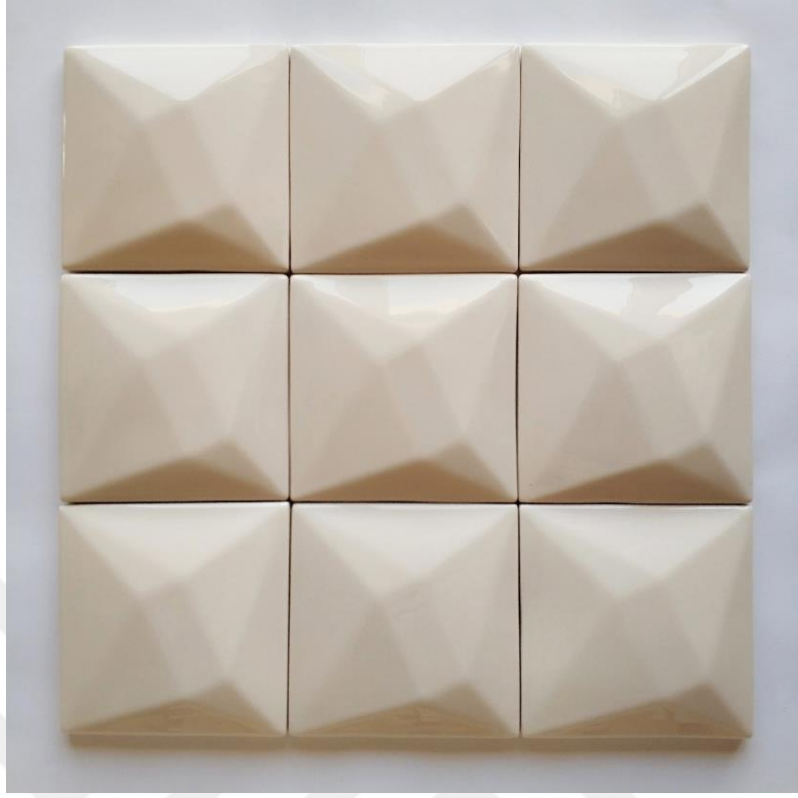
Görsel 89: Model 1'in 3D Max Programında Mekâna Farklı Diziliminin Yerleştirilmesi



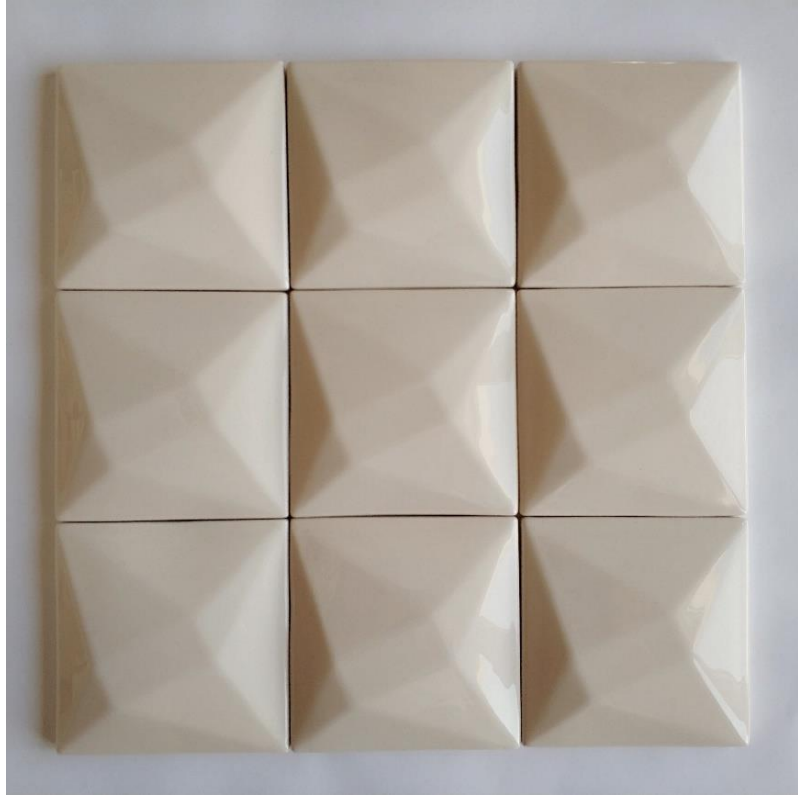
Görsel 90: Model 2'nin Sırlı Görünümü



Görsel 87: Model 2'nin 3D Max Programında Mekâna Yerleştirilmesi



Görsel 91: Model 3'ün Sırlı Görünümü



Görsel 92: Model 3'ün Farklı Düzenlenmiş Hali



Görsel 93: Model 3'ün 3D Max Programında Mekâna Yerleştirilmesi

SONUÇ

Bu tez çalışmasında, rölyefli duvar karolarının bilgisayar ortamında tasarımı ve bilgisayar destekli üretim sistemi ile atölye ortamında üretilme süreci aktarılmıştır. Ön çalışma olarak yedi adet eskiz oluşturulmuş, çizilen eskizler arasından seçilen iki tasarımın farklı modelleme yöntemleriyle tasarlanması ve üretim aşamaları anlatılmıştır. Ayrıca bu modellere ek olarak, çizilen diğer eskizler arasından seçilen bir model daha uygulamaya alınmış ve sonuçları paylaşılmıştır.

Endüstriyel anlamda seri üretilen bir ürün, aynı standarda sahip kopyalardan oluşmaktadır. Buna karşın el ile oluşturulan hiçbir ürün birbirinin aynısı değildir. Mekanik üretim sistemleriyle bu standardı elde etmek mümkündür. Bu sebeple tasarımı yapılan eskizler biçimlendirme standardı zor olan geometrik şekillerden oluşturulmuştur. El ile modellemede ölçü hatalarının ve yüzey hassasiyetinin oluşturulmasında zorluk yaşanılabileceği muhtemel modeller tercih edilmiştir. Tasarımda dikkat edilen bir konu da üretilen modelin modüler yapıda olmasıdır. Bu modüler yapılar, her birimin kendi içinde farklı biçimde konumlandırılmasıyla birden fazla görünüm çeşitliliği ve görsel zenginlik kazanmış olur. Yapılan uygulamalarda bu çeşitlilik göz önünde bulundurularak, modüler yapıların birden fazla varyasyonları bir düzen içerisinde yerleştirilmiştir. Ayrıca bu modüler yapılar düzensizlik kuramı çerçevesinde yeni düzenlemelere de açıktır.

Bilgisayar destekli tasarım konusunda yaşanan her gelişme tasarımcının kendini daha kolay ve hızlı anlatabilmesinin önünü açmaktadır. Örneğin; bir tasarımın tasarım süreci sonunda üretime geçilmeden önce farklı programlar kullanılarak modelin renginden düzenine ve hatta mekâna yerleştirilmesine kadar bilgisayar ortamında oluşturularak sunumun kaliteli bir biçimde yapılmasına yardımcı olduğu görülmektedir. Çoğunlukla tasarımın mekâna yerleştirilmesinde 3D Max programı kullanılmaktadır. Bu çalışmada da üretilen modellerin üç boyutlu görselleştirmeleri 3D Max programı kullanılarak oluşturulmuştur.

Bu çalışma ile bilgisayar destekli tasarım ve uygulama yöntemlerinin seramik tasarımında ve üretiminde kullanılması ile seramiğin üretim aşamalarının hızlandığı görülmüştür. El ile modellemede yaşanılabilecek hatalar ortadan kaldırılmış ve

geometrik olan modellerin biçimlendirme sırasındaki ölçü ve yüzey hassasiyetinde standardın korunduğu gözlemlenmiştir. Tasarım açısından karmaşık yüzeyli ürünlerin modellenmesinin daha kolay hale getirildiği, kalıp veya model üretiminde bu üretim sisteminin kullanılmasıyla insan gücünün asgariye indirildiği gözlemlenmiştir.

Eğitim kurumlarında seramik bölümlerinde verilen bilgisayar destekli tasarım dersinin sadece tasarım safhasında kalması ve bilgisayar destekli üretim sistemlerinin maliyetli olduğundan seramik eğitiminde kullanılamaması eğitimde eksikliğe sebep olmaktadır. Bu sebeple, bilgisayar destekli tasarım dersinin bilgisayar destekli üretim sistemiyle desteklenmesi için Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında üniversitenin Seramik ve Cam Bölümü bünyesine 3 eksenli CNC Router makinesi alınarak seramik sektöründe küçük işletmelerde kullanılan üretim sistemleri atölye ortamında uygulanmış, hedeflenen üretimler gerçekleştirilmiştir.

Böylece bu konuyla ilgili ders verilerinin hazırlanması ve bilgisayar destekli tasarım eğitimi alan öğrencilerin üretim sistemlerini öğrenerek yetiştirilmesi seramik sektöründeki teknolojiye vakıf olmalarını sağlayabilir. Bununla birlikte zamanla sektördeki teknolojik gelişmelerin eğitim kurumlarında daha çok yer bulması geleceğin tasarımcı adaylarının sektörde tercih edilmelerinin önünü açacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Akkurt, M. (1996). *Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD-CAM) Sistemleri*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Keramik Anasanat Dalı Yayınları.
- Ayda, D. (2001). *Seramik Tasarımı*. İstanbul: Yapa Yayınları.
- Bağcı, Ö. (2004). *Cnc Teknik*. İstanbul: Değişim Yayınları.
- Çizer, S. (2010). *LÜSTER Tekniği Tarihi Sanatı*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Matbaası.
- Giorgini, F. (1994). *Hand Made Tiles*. Amerika Birleşik Devletleri: Lark Books.
- Öney, G. (1976). *Türk Çini Sanatı*. İstanbul: Yapı Kredi Bankası Yayını.
- Toydemir, N. (1991). *Seramik Yapı Malzemeleri*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Toydemir, N. (2000). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Turani, A. (1975). *Sanat Terimleri Sözlüğü*. Ankara: Toplum Yayınevi.
- Weinhold, R. (1987). *The Many Faces of Clay*. Almanya: Leipzig.

Sürekli Yayınlar

- Aydoğan E. ve S. Semiz (2004). İşletmelerde Teknoloji Yönetimi Bağlamında İleri Üretim Teknolojileri ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1.11, 115-133.
- Saatçioğlu, G. (2012). Türk Seramik Sanayi 1990-2011 Yılları. *Standart Ekonomik ve Teknik Dergi*, 26-33.
- Gülaçtı, N. (2015). Selçuklu Dönemi Figüratif Dekorlu Seramik ve Çini Örneklerinin Cumhuriyet Dönemi Kütahya Figüratif Çinileriyle Karşılaştırılması. *21. Yüzyılda Eğitim Ve Toplum Eğitim Bilimleri Ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 33-48.



Diğer Yayınlar

- Çil, S. (2002). Tuğlanın Mimaride Kullanımı. *Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiri Kitabı*. Eskişehir: Eskişehir Tepebaşı Belediyesi. (s. 114-118)
- Karagöl, M. F. (2003). Modüler ve Rölyefli Karoların Mimaride Kaplama Malzemesi Olarak Kullanımı. *Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. Eskişehir: Eskişehir Tepebaşı Belediyesi. (s. 77-82)
- Sevim, S. S., ve Özer, G. (2011). Kültürel Yansıma Aracı Olarak Seramik Panolar. *Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiri Kitabı*. Eskişehir: Eskişehir Tepebaşı Belediyesi. (s. 383-400)
- Tutal, O. ve Gökaltun, E. (2002). Türk Mimarisinde Tuğla. *Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiri Kitabı*. Eskişehir: Eskişehir Tepebaşı Belediyesi. (s. 1-28)
- Türkel, E. (2008). Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Seramik Ürünlerin Modellenmesi ve Pisuar Uygulaması. *Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi. (1997). İstanbul, Türkiye: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.

İnternet Kaynakları

- Arıkan, M. A. (t.y.). Bilgisayar Destekli Üretim (CAM). Makina Mühendisleri Odası: <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/10945.pdf> (01 Haziran 2018)
- Bozdoc, M. (2006)The History of Computing Project. http://www.thocp.net/software/software_reference/cad_bozdoc.htm (12 Nisan 2018)
- Gökler, M. İ. (1991). Bilgisayarda Geometrik Modelleme. Makina Mühendisleri Odası: <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/10943.pdf> (19 Nisan 2018)
- Neğiş, E. (2006). Bilgisayar destekli tasarım ve imalat (CAD/CAM) nasıl başladı ve gelişti?. <http://www.turkcadcaml.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/index.html> (18 Mayıs 2018)
- Oral, A. (2012). Cnc Takım Tezgahları ve Cnc Programlama. *Balıkesir Üniversitesi* <http://w3.balikesir.edu.tr/~alioral/CNCTTEZ19022012.pdf> (10 Mayıs 2018)
- Özen, A. T. (1993). Ateşin Toprağa Hükmettiği Sanat. Anadolu Üniversitesi <https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11421/1070/98758.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı (6 Mayıs 2018)
- Türk Dil Kurumu. (2018). *Güncel Sözlük*. “moment” kelimesi <http://www.tdk.gov.tr/> (5 Ağustos 2018)

ÖZGEÇMİŞ

İsmail Özgür Erdem, 1987 yılında Ankara’da doğdu. İlköğrenimini Kurtuluş İlköğretim Okulu, ortaöğrenimini Abant Lisesi’nde tamamladı. 2013 yılında Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümünden mezun oldu. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Seramik ve Cam Anasanat Dalı’nda yüksek lisans eğitime başladı. 2015-2016 eğitim öğretim yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü’nde 31. Madde ile Öğretim Görevlisi olarak çalıştı. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi’nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen görevine ve Yüksek Lisans eğitime Sakarya Üniversitesi Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Seramik ve Cam Bölümü’nde devam etmektedir.