

T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SERAMİK ANASANAT DALI

**KUBAD ABAD SARAYI ÇİNİLERİNDEKİ HAYVAN
FİGÜRLERİNİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA
TASARLANMASI VE ÜRETİLMESİ**

MUHAMMED SAİD ŞEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

DOÇ. DR. SANVER ÖZGÜVEN


KONYA-2023

 KONYA	<p>T.C.</p> <p>NECMETİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ</p> <p>Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü</p>	 SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
---	--	---

BİLİMSEL ETİK

Öğrencinin	Adı Soyadı	MUHAMMED SAİD ŞEN		
	Numarası	20810271001		
	Ana Bilim /BilimDalı	SERAMİK/ SERAMİK		
	Programı	Yüksek Lisans		X
		Doktora		
Tezin Adı	KUBAD ABAD SARAYI ÇİNİLERİNDEKİ HAYVAN FİGÜRLERİNİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA TASARLANMASI VE ÜRETİLMESİ			

Tezin hazırlanmasında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

 KONYA	<p>T.C.</p> <p>NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ</p> <p>Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü</p>	 NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
---	---	--

Öğrencinin	Adı Soyadı	MUHAMMED SAİD ŞEN		
	Numarası	20810271001		
	Ana Bilim/Bilim Dalı	SERAMİK/ SERAMİK		
	Programı	YÜKSEK LISANS	X	
		DOKTORA		
	Tez Danışmanı	DOÇ. SANVER ÖZGÜVEN		
Tezin Adı	KUBAD ABAD SARAYI ÇİNİLERİNDEKİ HAYVAN FİGÜRLERİNİN BİLGİSAYAR ORTAMINDA TASARLANMASI VE ÜRETİLMESİ			

ÖZET

Anadolu Selçuklu Dönemi önemli eserlerinden olan Kubad Abad Sarayı çinileri sahip olduğu kendine özgü estetik dünyası ile yeni biçimlere ve üretilere oldukça açık bir yapıdadır. Çinilerdeki özellikle hayvan figürlerinin yorumlanması izleyiciye farklı bir dünya, farklı bir bakış açısı sunmaktadır. Seramik yüzeyler üzerine iki boyutlu bir biçimde resmedilen bu figürler yüksek lisans tez çalışması kapsamında üç boyutlu bir yapıya bürünmüştür. İki boyutlu yapıdan üç boyutlu bir yapıya geçişteki bu süreç içerisinde, yeni şekillendirme araçları kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümü, aynı zamanda Kubad Abad Sarayı çinilerinden yola çıkılarak yapılan yeni üretimlerdir ve yüksek lisans tez çalışması üç bölümünden oluşturmaktadır. İlk aşama bilgisayar ortamında, dijital heykel tasarım araçları ile yeniden şekillendirilen bu eserler ikinci aşamada üç boyutlu yazıcı teknolojileri kullanılarak üretilmişlerdir. Üçüncü aşama prototiplerin kalıplarının oluşturulması ardından seramik malzeme ile üretilmesidir.

Kubad Abad Sarayı çinileri, yeni bir bakış açısıyla ele alınarak, eserlerin üretim süreçlerinde, yıllar önce Kubad Abad Sarayı çinilerinde olduğu gibi seramik malzeme kullanılmıştır. Ancak bu çalışma kompozisyon, tasarım ve üretim sürecindeki farklılıklardan dolayı farklı bir yapıdadır.

 KONYA	T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü	 NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTITÜSÜ
--	---	--

Author	Name and Surname	MUHAMMED SAİD ŞEN		
	Student Number	20810271001		
	Department	CERAMIC		
	Study Programme	Master's Degree (M.A)	X	
		Doctoral Degree (Ph.D)		
	Supervisor	Doç. Dr. Sanver Özgüven		
Title of the Thesis/Dissertation	Design and Production of Animal Figures in the Tiles of Kubad Abad Palace in Computer			

ABSTRACT

Kubad Abad Palace tiles, one of the important artefacts of the Anatolian Seljuk Period, are very open to new forms and productions with their unique aesthetic world. Especially the interpretation of animal figures on the tiles offers the viewer a different world and a different perspective. These figures, which are painted in two-dimensional form on ceramic surfaces, have taken on a three-dimensional structure within the scope of the master's thesis study. In this process of transition from a two-dimensional structure to a three-dimensional structure, new shaping tools were used. This part of the study is also a new production based on the Kubad Abad Palace tiles, and the master's thesis consists of three parts. In the first stage, these artefacts were reshaped in the computer environment with digital sculpture design tools and in the second stage they were produced using three-dimensional printer technologies. The third stage is the creation of the moulds of the prototypes and then their production with ceramic material.

Kubad Abad Palace tiles were handled from a new perspective and ceramic material was used in the production processes of the artefacts, as in the Kubad Abad Palace tiles years ago. However, this work has a different structure due to the differences in composition, design and production process.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÖNSÖZ	vii
RESİMLER TABLOSU	viii
KISALTMALAR	xii
GİRİŞ	1
1.BÖLÜM	3
1.ANADOLU SELÇUKLU DÖNEMİ VE SANAT	3
1.1.Tarihine Genel Bakış.....	3
1.2.Anadolu Selçuklu Döneminde Süsleme.....	4
1.2.1.Anadolu Selçuklu Dönemi Çini Sanatı	5
1.3.Kubad Abad Sarayı	5
1.3.1.Kubad Abad Saray Çinilerinde Görülen Figürler	9
2.BÖLÜM	22
2.BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ	22
2.1.Bilgisayar Destekli Tasarım	22
2.1.1.Bilgisayar Destekli Tasarımın Tarihsel Gelişimi	22
2.1.1.1. 2 Boyutlu modelleme kavramı	27
2.1.1.2. 3 Boyutlu modelleme kavramı	28
2.2. Bilgisayar Destekli Tasarımın Yararları	28

2.3. Bilgisayar Destekli Tasarım Yöntemleri ve Çeşitleri	29
2.3.1 Bilgisayar Destekli Tasarım ve Modelleme	31
2.3.1.1. İki Boyutlu Modelleme Biçimleri	31
2.3.1.2. Üç Boyutlu Modelleme Biçimleri	32
2.3.1.2.1.Katı (Solid) Modelleme.....	32
2.3.1.2.2. Üçgen (Polygon) Modelleme	33
2.3.1.2.3. Heykel (Sculpt) Modelleme	34
3.BÖLÜM	38
3.BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM	38
3.1 Bilgisayar Destekli Üretim Tarihi.....	38
3.1.1. Eksiltmeli Üretim	39
3.1.2. Eklemeli Üretim	40
3.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi.....	41
3.3. Üç Boyutlu Yazıcı ile Seramik Model Prototiplerinin Yapımı.....	42
4.BÖLÜM	45
4.KUBAD ABAD SARAY ÇİNİLERİNİN YENİDEN YORUMLANMASI VE BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM İLE YAPILAN UYGULAMALAR.....	45
4.1. Ürün Tasarımlarının Süreci.....	46
4.2. Üç Boyutlu Yazıcı Kullanılarak Prototip Üretimi.....	69
4.3.Üretilen Prototiplerin Alçı Kalıplarının Oluşturulması ve Seramik Üretim Süreci	75
4.4. LowPoly Kubad Abad Serisi.....	86
4.5. Rölyef Kubad Abad Serisi.....	92
SONUÇ	99
İNTERNET KAYNAKÇASI.....	101

KAYNAKÇA 103



ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma, Kubad Abad Sarayı çinilerinde görülen hayvan figürlerinin incelenmesini, bilgisayar destekli üç boyutlu programlar ile yorumlanmasını ve seramik malzeme ile üretilmesini kapsamaktadır. Bu çalışma ile Selçuklu döneminin sanatında önemli bir yeri olan Kubad Abad Sarayının içerisinde bulunan saray çinilerini üç boyutlu modelleme, üç boyutlu baskı gibi yeni teknikler kullanılarak, yeni bir estetik anlayışla ele alınması anlatılmaktadır. Bilgisayar destekli modelleme ve üç boyutlu yazıcı kullanarak seramik ve prototip üretmek isteyen kişilere yardımcı olabilecek bir kılavuz olması hedeflenmektedir.

Tez çalışma süreci boyunca benden destek ve anlayışını esirgemeyen aileme, dostum Fatih Polatlı'ya, tez danışmanım Doç. Dr. Sanver Özgüven ve kıymetli hocam Öğr. Gör. Veli Tuna'ya sonsuz minnetlerimi sunar, teşekkür ederim.

RESİMLER TABLOSU

Görsel 1. Kubad Abad ören yerinin genel görünüşü. Arık,2007:290.....	6
Görsel 2. Kubad Abad saray külliyesinin topografik planı, Arık, 2000: 50.....	6
Görsel 3. Kubad Abad büyük sarayın genel görünüşü, Arık, 2000: 52.....	7
Görsel 4. Kubad Abad büyük saray'ın duvar çinileri, Arık, 2000: 54	9
Görsel 5. Kubad Abad aslan figürü, Arık,2000:107.....	13
Görsel 6. Kubad Abad at figürü, Arık,2000:112	15
Görsel 7. Kubad Abad ayı figürü, Arık,2000:111	16
Görsel 8. Kubad Abad keçi figürü, Arık,2000:114	16
Görsel 9. Kubad Abad tavşan figürü, Arık,2000:117.....	17
Görsel 10. Kubad Abad kedi figürü, Arık,2000:111	18
Görsel 11. Kubad Abad köpek figürü, Arık,2000:108	19
Görsel 12. Kubad Abad hayat ağacının iki yanında karşılıklı kuş figürü, Arık,2000:92	20
Görsel 13. Kubad Abad avcı kuş figürü, Arık,2000:90.....	21
Görsel 14. Kubad Abad kuş figürü, Arık,2000:100	21
Görsel 15. 1962'de Patrick Hanratty tarafından programlanan bir 1964 Pontiac bagaj kapağı modeli için üç eksenli takım yolu. https://www.sme.org/technologies/articles/2010/masters-of-manufacturing-patrick-j.-hanratty/	24
Görsel 16. Sketchpad Bilgisayarı Kullanan Bir Adam. https://history-computer.com/sketchpad-guide/	25
Görsel 17. IBM PC'nin ilk çıkışı https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc25/pc25_intro.html	26
Görsel 18. Üç boyutlu çokgenlerin anlatımı.....	33
Görsel 19. Kaplumbağa modeli, Muhammed Said Şen,2020.....	35
Görsel 20. Zbrush arayüzü ve Brush'lar(Fırçalar).	37
Görsel 21. At modeli, Muhammed Said Şen,2020.	37
Görsel 22. Radyal uçak motoru piston kollarının işlenmesinde kullanılan bir freze tezgahı olan Cincinnatti-Hydrotel.....	39
Görsel 23. FDM mekanizma anlatımı, Löffler & Koch, 2019:242	43
Görsel 24. Nozzle çözünürlük anlatımı, Löffler & Koch, 2019:242.....	43
Görsel 25. Zbrush Tool menüsü.	46
Görsel 26. Zbrush Tool menüsü obje seçim ekranı.	46
Görsel 27. Zbrush shift komutu ile yerleştirilmiş Cylinder3D.....	47
Görsel 28. Zbrush Initialize menüsü.....	47
Görsel 29. Zbrush Initialize menüsü ile düzenlenmiş Cylinder3D	48
Görsel 30. Zbrush Edit,Draw,Move,Scale,Rotate menüsü.	48
Görsel 31. Zbrush Move,Scale,Rotate kullanımı.	49
Görsel 32. Zbrush Move,Scale,Rotate kullanımı.	49
Görsel 33. Zbrush Move,Scale,Rotate kullanımı.	49
Görsel 34. Zbrush Activate Symmetry menüsü.....	50

Görsel 35. Zbrush Activate Symmetry kullanımı.....	50
Görsel 36. Zbrush Mask Brush kullanımı.	51
Görsel 37. Zbrush Mask uygulanmış yüzey üzerinde Move uygulaması.....	51
Görsel 38. Zbrush ile oluşturulmuş yıldız çini aşamaları.	52
Görsel 39. Zbrush Move komutu kullanılarak obje düzenlemesi.....	52
Görsel 40. Zbrush Yıldız çini formu.	53
Görsel 41. Zbrush DynaMesh komutu kullanıldıktan sonra yıldız çini formu.....	53
Görsel 42. Zbrush DynaMesh menüsü	54
Görsel 43. Zbrush Texture menüsü.	55
Görsel 44. Zbrush Texture menüsüne resim aktarma.....	55
Görsel 45. Zbrush Spotlight kullanımı.	56
Görsel 46. Zbrush Spotlight menüsü.	56
Görsel 47. Zbrush brush menüsü.....	57
Görsel 48. Zbrush Paint brush ayarları.....	57
Görsel 49. Zbrush Material menüsü.	58
Görsel 50. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	58
Görsel 51. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	59
Görsel 52. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	59
Görsel 53. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	60
Görsel 54. Zbrush Polygroups menüsü.....	60
Görsel 55. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	61
Görsel 56. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	61
Görsel 57. Deformation menüsü.....	62
Görsel 58. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	62
Görsel 59. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	63
Görsel 60. Zbrush çalışmada kullanılan fırçalar.....	63
Görsel 61. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	64
Görsel 62. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	64
Görsel 63. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	65
Görsel 64. Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.....	65
Görsel 65. Zbrush Decimatton Master menüsü.	66
Görsel 66. Zbrush Decimation Master öncesi çokgen sayısı.....	66
Görsel 67. Zbrush Decimation Master sonrası çokgen sayısı.	67
Görsel 68. Zbrush rölyef kedi figürlü yıldız çini.....	68
Görsel 69. Zbrush lowpoly kedi figürlü yıldız çini.	68
Görsel 70. Zbrush lowpoly kedi figürlü yıldız çini.	69
Görsel 71. Ultimaker Cura kullanılarak istenilen ölçülerin ayarlanması.	69
Görsel 72. Ultimaker Cura Custom Support örnek görsel.....	70
Görsel 73. Ultimaker Cura baskı öncesi görünüş.	71
Görsel 74. Creality Smart model üç boyutlu yazıcı.....	72

Görsel 75. Creality Smart model üç boyutlu yazıcı ile üretilen prototip.....	72
Görsel 76. Kedi figürlü rölyef yıldız çini, üç boyutlu baskı.....	73
Görsel 77. Kedi figürlü lowpoly yıldız çini üç boyutlu baskı.....	73
Görsel 78. Rölyef ve lowpoly yıldız çini, üç boyutlu baskıları.....	74
Görsel 79. Ara parça ve Yıldız çini prototiplerinin örüntüsü.....	74
Görsel 80. Yıldız çini kalıp çizimi ve kalıp duvarları.....	75
Görsel 81. Yıldız çini kalıp hazırlık aşaması.....	76
Görsel 82. Alçı karışımının dökülmesi.....	76
Görsel 83. Yıldız çini kalıp aşaması.....	77
Görsel 84. Yıldız çini modelinin kalıptan çıkarılma aşaması.....	77
Görsel 85. Rölyef kedi figürlü yıldız çini kalıbı.....	78
Görsel 86. Lowpoly kedi figürlü yıldız çini kalıbı.....	78
Görsel 87. Rölyef, lowpoly yıldız çini ve ara parça kalıpları.....	79
Görsel 88. Seramik modelin üretim aşaması.....	80
Görsel 89. Seramik modelin üretim aşaması.....	80
Görsel 90. Kalıp içerisindeki seramik modellerin kuruma aşaması.....	81
Görsel 91. Kil lowpoly ve rölyef kedi figürlü yıldız çiniler.....	81
Görsel 92. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin kuruma aşaması.....	82
Görsel 93. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin rötuşlama ve kontrol aşaması	82
Görsel 94. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin, bisküvi pişirimi öncesinde, fırın içerisindeki dizilimi.....	83
Görsel 95. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin, bisküvi pişirimi öncesinde, fırın içerisindeki dizilimi.....	83
Görsel 96. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin sırlama aşaması.....	84
Görsel 97. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin sırlama aşaması.....	84
Görsel 98. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin, sır pişirimi öncesinde, fırın içerisindeki dizilimi.....	85
Görsel 99. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin, sır pişirimi öncesinde, fırın içerisindeki dizilimi.....	85
Görsel 100. Sır pişirimi tamamlanmış, yıldız çini ve ara parça seramik modeller.....	86
Görsel 101. LowPoly Kubad Abad serisi.....	86
Görsel 102. LowPoly Kubad Abad serisi, kedi figürü.....	87
Görsel 103. LowPoly Kubad Abad serisi, at figürü.....	87
Görsel 104. LowPoly Kubad Abad serisi, keçi figürü.....	88
Görsel 105. LowPoly Kubad Abad serisi, ayı figürü.....	88
Görsel 106. LowPoly Kubad Abad serisi, aslan figürü.....	89
Görsel 107. LowPoly Kubad Abad serisi, tavşan figürü.....	89
Görsel 108. LowPoly Kubad Abad serisi, köpek figürü.....	90
Görsel 109. LowPoly Kubad Abad serisi, hayat ağacının iki yanında karşılıklı kuş figürü.....	90
Görsel 110. LowPoly Kubad Abad serisi, avcı kuş figürü.....	91

Görsel 111. LowPoly Kubad Abad serisi, kuş figürü.....	91
Görsel 112. LowPoly Kubad Abad serisi, ara parça.....	92
Görsel 113. Rölyef Kubad Abad serisi.....	92
Görsel 114. Rölyef Kubad Abad serisi, kedi figürü.....	93
Görsel 115. Rölyef Kubad Abad serisi, at figürü.....	93
Görsel 116. Rölyef Kubad Abad serisi, keçi figürü.....	94
Görsel 117. Rölyef Kubad Abad serisi, ayı figürü.....	94
Görsel 118. Rölyef Kubad Abad serisi, aslan figürü.....	95
Görsel 119. Rölyef Kubad Abad serisi, tavşan figürü.....	95
Görsel 120. Rölyef Kubad Abad serisi, köpek figürü.....	96
Görsel 121. Rölyef Kubad Abad serisi, hayat ağacının iki yanında karşılıklı kuş figürü... ..	96
Görsel 122. Rölyef Kubad Abad serisi, avcı kuş figürü.....	97
Görsel 123. Rölyef Kubad Abad serisi, kuş figürü.....	97
Görsel 124. Rölyef Kubad Abad serisi, ara parça.....	98

KISALTMALAR

2B: İki Boyut

3B: Üç Boyut

AR: Artırılmış Gerçeklik

BDT: Bilgisayar Destekli Tasarım

BDÜ: Bilgisayar Destekli Üretim

CAD: Computer Aided Design

CAD/D: Computer Aided Design and Drafting

CAM: Computer Aided Manufacturing

CNC: Computerized Numerical Control

CGI: Computer Generated Imagery

GUI: Graphical User Interface

MIT: Massachusetts Institute of Technology

NC: Numerical Control

NURBS: Non-Uniform Rational B-Spline

PC: Personal Computer

VR: Virtual Reality

GİRİŞ

Kubad Abad Sarayı çinilerinde görülen hayvan figürlerinin incelenmesi, bilgisayar destekli üç boyutlu programlar ile yorumlanması ve seramik malzeme ile üretilmesidir. Bu çalışma ile Selçuklu dönemi sanatında önemli bir yeri olan Kubad Abad Sarayı ve çinileri üç boyutlu modelleme, üç boyutlu baskı vb. yeni teknikler kullanılarak, çağdaş bir estetik anlayışla yeniden ele alınmıştır.

Araştırma Konusu ve Problemi

Araştırma konusu çerçevesinde, Kubad Abad Sarayı çinileri incelenmiştir. Aynı zamanda bilgisayar destekli programlar yardımı ile kişisel uygulamalar yapılmıştır. Kişisel uygulamalarda Kubad Abad saray çinilerinde görülen hayvan figürleri seçilmiştir. Araştırma kapsamında konu sadece bilgisayar destekli modelleme ve üç boyutlu yazıcıdan üretilen prototiplerin seramik sanatında yapılan uygulamaları ile sınırlı tutulmuştur. Dolayısıyla Kubad Abad saray çinilerinde görülen hayvan figürleri kendi evreninde değerlendirilerek, bilgisayar destekli yöntemler ile rölyef biçiminde modeller üretilmiştir. Araştırma kapsamı kullanılan malzeme yönüyle daraltılarak, sadece prototip ve seramik eserler üzerinde bir değerlendirmeye gidilmiştir. Bu kavramdan yola çıkılarak yapılan kişisel uygulamalar da üç boyutlu baskı modelleri ve alçı kalıp kullanılarak üretilen seramiklerdir. Pişirimlerde elektrikli fırın kullanılmıştır. 980 santigrat derecede bisküvi ve sır pişirim teknikleri yapılmış olup şeffaf seramik sırası tercih edilmiştir. Araştırmanın problemi Selçuklu saray çinilerindeki hayvan figürlerinin, günümüz teknolojisi yardımıyla seramik sanatında üç boyutlu bir biçim kazanmasıdır. Saray çinilerinin yeniden üretilmesi ve yorumlanması sürecinde orijinal hatlarının korunmasına özen gösterilmiştir.

Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı seramik şekillendirme ve üretim yöntemlerine yeni bir alternatif öneri getirmektir. Kubad Abad saray çinilerinin ve onun biçimsel özelliklerinin incelenip yeniden yorumlanması, bilgisayar destekli yöntemlerin yanı sıra üç boyutlu yazıcılarla yapılan baskılar ile üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda yapılan ön incelemelerde ve literatür taramalarında en önemli değişkenin Saray çinilerindeki biçimsel farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır. Konuya Anadolu'da görülen Saray çinileri özelinde bakıldığında bile kavramsal benzerlikler göze çarparken, bu benzerliklerin farklı biçimlerde yorumlanması dikkati çekmektedir.

Selçuklu kültüründe biçimsel farklılıklar ve kavramsal benzerlikler ile birlikte, kişisel yorumlamalar da bu çerçevede ele alınmıştır.



1.BÖLÜM

1.ANADOLU SELÇUKLU DÖNEMİ VE SANAT

1.1.Tarihine Genel Bakış

Selçuklular, Oğuzların Kınık boyuna bağlı bir Türk hanedanlığıdır. Hanedanlığın kurucusu olan Selçuk Bey'in adından gelen bu devlet Büyük Selçuklu Devleti olarak bilinmektedir. Bu devlet daha sonra Anadolu Selçukluları, Kirman Selçukluları, Horasan Selçukluları, Suriye Selçukluları ve Irak Selçukluları olmak üzere beş devlete bölünmüştür (Roux, 2008, s. 211-237).

Anadolu Selçuklu kültürünün genel yapısına göre "*göçebelik*" kavramını ele almak uygun olabilir. Türk tarihine bakıldığında Hunlar ve Göktürkler gibi tarih sahnesinde önemli yer edinmiş devletler göçebe olarak kabul edilebilir. Ancak yerleşik hayata geçiş, Uygurlar ile 8. yüzyıl ortalarında başlamıştır. Kuzey Moğolistan'da yaşayan Uygurlar, imparatorluğun mirasını yüzyıl boyunca taşımışlardır. Bu dönemde Dokuz Oğuz yavaş yavaş batıya doğru ilerlemiştir. Bunların Selçuklu ve Osmanlı hanedanlarının ortaya çıkacağı halk veya Türk boyları olduğu düşünülmektedir (Roux, 2011, s. 9).

11.yy'ın son çeyreği içerisinde Türkler Anadolu'nun fethine başlamışlardır 14.yy'ın başına kadar Anadolu Selçuklu Devleti var olmuştur(1077-1308)(Tanyeli, 2008)

Anadolu Selçuklu Devleti'nin kuruluş dönemi; Büyük Selçuklu Devleti'nin içerisinde bulunan siyasi karışıklıklar sonucunda I. Süleyman Şah Anadolu'ya gelmiş ve İznik'i 1075 yılında fethetmiştir (Aktaş, 2015; Köymen, 1993). Anadolu Selçuklu kuruluş dönemi; devletin Anadolu'da Selçuklu soyundan gelen bir şehzadenin başkanlığında birinci gruptan bir vassal devletin devamı söz konusu ise, en iyi aday olarak, Büyük Selçuklu Sultanı Melikşah'a sadakatini defalarca kanıtlamış olan Süleyman Şah'tan başka kimse kalmamıştır. Bu durum, Sultan Melikşah'ın, Anadolu Selçukluları Devleti'nin tahtına Süleyman Şah'ı tek başına geçirmekte tereddüt etmemesine yol açmıştır (1077) (Köymen, 1993).

Bu dönemden II. Süleyman Şah'ın oğlu III. İzzeddin Kılıç Arslan'ın saltanatına kadar geçen süre (1204-1205), devletin kuruluş dönemidir (Köymen, 1953; Sevim, 2022).

Yükseliş dönemi; devletlerarası ilişkiler ve yapılan ticaret anlaşmaları ile ifade edilebilir. I. Gıyaseddin Keyhüsrev'in ikinci saltanatı olan (1205-1211)'den I. Alaeddin Keykubad'ın (1220-1237) saltanatının sonuna kadar olan dönem olarak kabul edilir (Aktaş, 2015; Turan, 2008). Kubadabad Sarayı da bu dönemde I. Alaeddin Keykubad tarafından Sadeddin Köpek'e verdiği emir sonucunda yaptırılmıştır (Önder, 1967; Ugurlu, 2002).

Çöküş Dönemi; II. Gıyaseddin Keyhüsrev'in, babasıyla aynı siyasi ve askeri başarıyı gösterememesi, 1240'taki Babailerin isyanı, bunun sonucunda ortaya çıkan Moğol egemenliği ve 1243'te Köseadağ yenilgisi bu süreci hızlandırdı, 1237 yılında II. Gıyaseddin Keyhüsrev Selçuklu tahtına çıktıktan sonra Anadolu Selçuklu devleti bir çöküş dönemi içerisine girdiği söylenebilir (Turan, 2008, ss. 290-292).

1.2. Anadolu Selçuklu Döneminde Süsleme

Türk Sanat tarihinde, bir dönem olarak “*Anadolu Selçuklu Sanatı*” yeniliklerle dolu önemli bir yere sahiptir (Karpuz, 2009).

Anadolu Selçuklu Eserlerine; Büyük Selçuklu, Karahanlı ve Gaznelilerin yapmış olduğu abidelerde rastlamak mümkündür, Anadolu topraklarında yepyeni bir sanat inşa eden Türkler, kuvvetini devletinin köklerinden alır (Yetkin, 1968).

Konya, Beyşehir, Sivas, Tokat, Akşehir, Kayseri, Niğde, Amasya, Malatya, Antalya, Alanya, Sinop, Erzurum gibi şehirlerimiz bu dönemde eserlerle donanmıştır. Ayrıca, Alaeddin Keykubad döneminde (1190-1237) Konya, Selçuklu sanatının ve kültürünün merkezi haline gelmiş ve bu önemini yüzyılın sonuna kadar sürdürmüştür. Bu merkezlerde, taşınabilir oldukları için çoğunun yapım yeri bilinmeyen el sanatı eser üretilmiştir. Eserler, Selçuklu sanatının büyük yaratıcı gücünü ve sunduğu sürprizleri hayranlıkla karşılamaktadır. Yüzyılın ortasında Anadolu'ya giren Moğollar, Selçuklu Devleti'ni politik olarak sarsmış olsa da Moğolların sanat eserlerine olan etkisi sınırlı kalmıştır. Moğol akınlarıyla birlikte Türkistan, Horasan ve Azerbaycan'dan gelen yeni Türk toplulukları, Anadolu'da Türk geleneklerinin ve kültürünün yeniden canlanmasına yol açmıştır (Öney, 1992, s. 2).

Anadolu Selçuklu mimari süslemesi ve el sanatları, İslam sanatı çerçevesinde incelendiğinde önemli yenilikler ortaya koyar ve İslam sanatına yeni sayfalar açtığı söylenebilir. Taş süsleme, figürlü kabartma ve heykel, çini, ahşap ve halı gibi malzemeler kullanılarak yapılan Anadolu Selçuklu sanatı; mükemmel örneklerle temsil edilir, hatta kısıtlı malzeme kullanmasına rağmen İran Selçuklu sanatıyla

karşılaştırıldığında bile üstün bir başarı sergiler. Ne yazık ki Anadolu Selçuklu cam, seramik ve minyatür sanatı dallarına ait eserlerin günümüze çok az sayıda ulaşması nedeniyle, bu alanlar yeterince bilinmemektedir (Öney, 1992, ss. 2-3).

1.2.1. Anadolu Selçuklu Dönemi Çini Sanatı

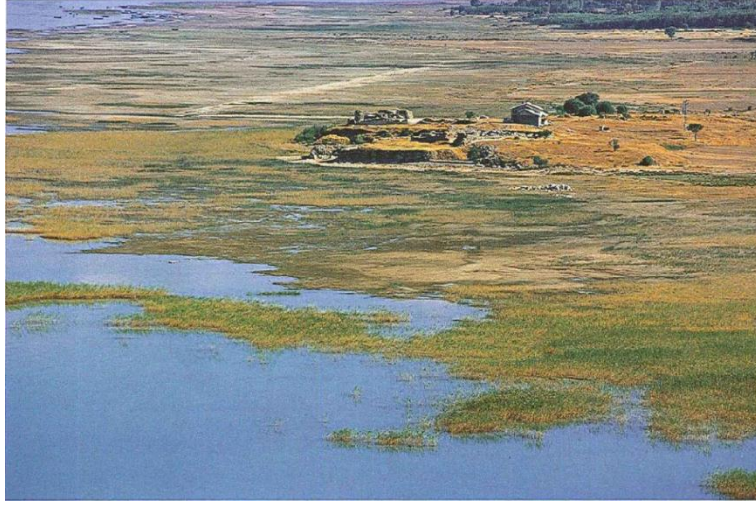
Çini sanatı, mimariye bağlı olarak gelişmiş ve Selçuklu dönemiyle birlikte Anadolu'ya girmiştir. Bu dönemde çeşitli tekniklerle en güzel ve başarılı örnekler ortaya çıkmıştır (Tanyeli, 2008, ss. 93-97). İslam mimarisinde çini sanatının ilk gelişimi, Uygur, Gazne, Karahanlı ve İran gibi bölgelerdeki Türk devletleriyle birlikte gerçekleşmiştir. Örneğin, 9. yüzyılda Abbasiler tarafından Türk askerleri için kurulan ve Bağdat'ın kuzeyinde bulunan Samarra şehri kazılarında çini kalıntıları bulunmuştur. Anadolu Selçuk öncesi İslam mimarisinde çini bezeme oldukça sınırlı bir şekilde kullanılmışken, 13. yüzyılda Anadolu Selçuklu dönemiyle birlikte büyük bir gelişme kaydetmiştir. Bu yeni denemeler daha sonra özellikle, İran bölgesi İlhanlı mimarisini etkilemiştir. Çiniyle bezeme, yüzyıllar boyunca gelişerek zenginleşmiş ve İslam mimarisinin ana süs unsurlarından biri haline gelmiştir.

“Bugün harap durumda olan Selçuk saraylarının çinilerle süslü olduğu rastlantı buluntular ve kazılar sonucu anlaşılmıştır. Selçuk saray çinileri genellikle yıldız ve haç biçimi formları ve figürlü desenleriyle dini mimaride yer alan çinilerden büyük ayrılık gösterirler. Bütün saraylarda sıraltı, bazılarında lüster tekniği ile işlenmiş çiniler görürüz” (Öney, 1992, s. 99).

1.3. Kubad Abad Sarayı

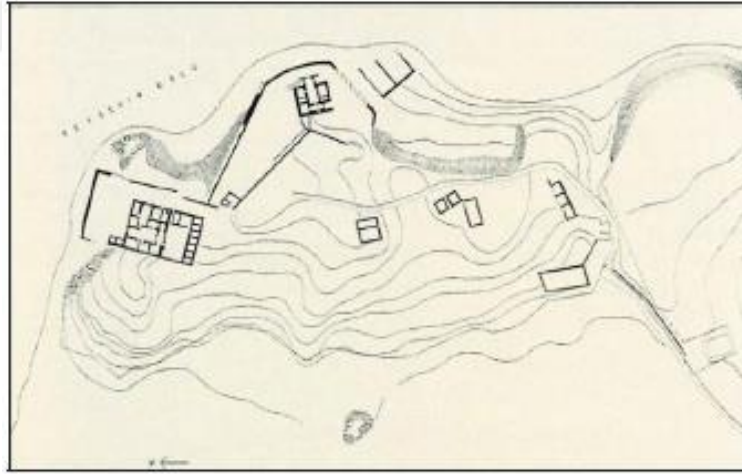
Selçuklu çağının önemli tarihçilerinden İbn-i Bibi, Kubadabad'ın kuruluşunu şu şekilde anlatıyor:

“Alaaddin Keykubad'ın Antalya-Alanya seferi sırasında, o zamanlar adıyla Buhaire-i Gurgurum (bugünkü Beyşehir Gölü) kıyısına konakladı. Burada, süt gibi tatlı suyu ve yeşil renkli bir gölü hayranlıkla gördü. Sultan, Mimar Saadeddin Köpek'e, güzellikte cennete benzeyecek bir saray yapılmasını buyururken, parlak zekâsıyla binanın planını çizerek üzerinde açıklamalar yaptı ve sarayı resmetti. Üzerine Saadeddin Köpek güzel görüntü yerleri, iç açıcı havuzları bulunan, kemerin kıvrımlarıyla dolu göğüs çatısıyla yarışan, çok süslü, geniş ve çok eşyaya sahip olan köşkleri kısa bir zaman içinde Sultanın emrine uygun olarak yaptı” (R. Arık, 2000, ss. 43-44). Bu alıntıda, İbn-i Bibi'nin Kubadabad'ın kuruluşunu Sultan Alaaddin Keykubad'ın Antalya-Alanya seferine dayandırdığı ve Sultanın gördüğü güzel göl üzerinde bu sarayı inşa etmek istediği belirtiliyor.



Görsel 1.Kubad Abad ören yerinin genel görünüşü. Arık,2007:290

İbn-i Bibi, mimar Saadeddin Köpek'in Sultanın talimatları doğrultusunda sarayın planını çizdiğini ve bu sarayın gösterişli özelliklere sahip olduğunu ifade ediyor. Sarayın köşklerinin geniş ve zengin eşyalara sahip olduğu, havuzları ve süslü görüntü yerlerinin bulunduğu vurgulanıyor(R. Arık, 2000, s. 50).



Görsel 2.Kubad Abad saray külliyesinin topografik planı, Arık, 2000: 50

Sultan Alaaddin Keykubad'ın Kubad Abad bölgesine büyük önem verdiği ve burada yapılan inşaatları yakından takip ettiği bilinmektedir. Kubâd-âbâd'ın ana camii olan Ulu Camii'nin kitabesinde, inşa ettiren olarak " . . . vali bi Kubad Abad Bedreddin Sutaş . . ." ifadesi yer almaktadır, yani vali Bedreddin Sutaş tarafından yaptırıldığı belirtilmektedir. Bu durumda Sultan Alaaddin Keykubad'ın, çevresindeki kişilerden Bedreddin Sutaş'ı önce inşaat işleriyle görevlendirdiği ve saray külliyesinin tamamlandıktan sonra da bu bölgeye vali olarak atadığı düşünülebilir.

Sultan Alaaddin Keykubad, Kubad Abad'ın yapımına büyük önem vermiş ve zaman zaman burayı ziyaret ederek inşaatı denetlemiştir. Ne kadar süreyle burada kaldığı ise tam olarak bilinmemektedir. Sultan Alaaddin Keykubad ölümünden sonra, oğlu II. Gıyaseddin Keyhüsrev tahta geçmiş ve I. Alaeddin Keykubad'ın ülke dışında tuttuğu Moğol felaketini tutamamıştır. Moğollar Anadolu toprağında yağma ve tahrip yetmezmiş gibi toplumsal ve siyasi istikrarı da sarsmaktalardı. Bölge, Eşrefoğlu Süleyman Bey'e bağlanarak merkezi "Bey Şehri" olmuştur. Bölge zaman içinde merkezin dışında kalarak köyleşmiş ve unutulmuştur, hatta zamanla toprak altına gömülmüştür(O. Arık & Arık, 2007, s. 290-292).



Görsel 3.Kubad Abad büyük sarayın genel görünüşü, Arık, 2000: 52

Kubad Abad'ı aramaya başlamasından şöyle bahsetmiştir Zeki Oral; ''*Kubâd-âbâd'da geçen olaylar bahsinin sonunda II. Keykâvus'un Gurgurum vilâyetindeki Kubâd-âbâd'da bir müddet ikamet ettiğini görmüştük. Kubâd-âbâd araştırmalarında başlangıç işte bu kayıt oldu. Önce Gurgurum'u bulmak sonra Kubâd-âbâd'ı aramak lâzımdı.*''(Oral, 1953). Daha önce bahsi geçen bilgilere dayanarak, Kubâd-âbâd'ın II. Keykâvus'un Gurgurum vilayetinde bir süre ikamet ettiği yer olduğu bilinmektedir. Kubâd-âbâd araştırmalarında bu kaydın başlangıç noktası olduğunu ifade edebiliriz. Öncelikle Gurgurum'u bulmak ve ardından Kubâd-âbâd'ı araştırmak gerekiyordu.

Beyşehir Kubad Abad Sarayı'nın çinileri, Alaeddin Keykubad'ın etkileyici sarayının unutulmaz bir parçasıdır. Saray, 1236 yılında tamamlanmış olup Beyşehir Gölü'nün kıyısında yer almaktadır. Kubadabad Sarayı'nın çinilerini günümüze taşıyan kişi, dönemin Konya Müzesi Müdürü olan Zeki Oral'dır. 1965 ve 1966 yıllarında Ankara Üniversitesi Sanat Tarihi Kürsüsü ile Milli Eğitim Bakanlığı işbirliğiyle gerçekleştirilen kazılar, Prof. K. Otto-Dorn başkanlığında yürütülmüş ve o döneme ait en üstün ve güzel çini örneklerini sanat dünyasına sunmuştur. 1967

yılında ise Milli Eğitim Bakanlığı adına Sayın Mehmet Önder'in devam ettirdiği kazılarla birlikte, bu sanat eserlerine yeni çini örnekleri eklenmiştir. Kubadabad Sarayı'nda çiniler, hem büyük sarayın içinde hem de küçük sarayda az sayıda bulunmaktadır (Aslanapa, 1989, ss. 188-189).

Saray, sedir ağaçları, mis gibi kokulu çiçekler ve yeşil çimenlerle kaplı tepelerin arasında, başları karla örtülü Anamas Dağları'nın eteklerinde, turkuaz renkli gölün kıyısında kurulmuştur. Bu cennet köşesinde yükselen saray, kalın duvarları içinde başka bir cenneti saklamaktadır (Öney, 1992, ss. 103-101). Taht salonu ve birbirine bağlı büyük ve küçük odalar, o dönemin en güzel çinileriyle süslenmiştir. Eskiden duvarları kaplayan çiniler, 23 cm çapında yıldız şeklinde ve beyaz zemin üzerinde yer almaktadır. Yıldız çinileri, firuze ve patlıcan moru renkli haç biçimli çinilerle birbirine bağlanmıştır, bu da duvarlara ayrı bir canlılık katmaktadır. Figürlü çiniler, sarayın içindeki av eğlencelerini, büyülü inançları ve sultanı canlandırmaktadır. Sultan ve saray mensupları, zengin desenli kaftanlarıyla tasvir edilmişlerdir. Hizmetkarlar ise ayakta olup meyveler, av hayvanları ve içki sürahileri taşıyan şekillerde resmedilmiştir. Figürlerde uzun saçlar, çeşitli başlıklar, hale, iri gözler, keman kaşlar, ufak ağız ve dolgun yanaklar gibi özellikler dikkat çekmektedir. Figürlerin ellerinde, sonsuz hayatı ve cenneti sembolize eden nar veya haşhaş dalları bulunmaktadır. Nar veya haşhaş dalları, çinilere başka bir zenginlik katan arabesk desenlerle çevrelenmiştir. Ayrıca, bazı çinilerde sultanın yanında kadeh ve sürahi de tasvir edilmiştir. İbni Bibi'nin anlatamadığı içki partileri bu çinilerde hayat bulmaktadır. Saray duvarlarında yer alan sfenksler, sirenler, sultanın tacını hatırlatan lacivert, patlıcan moru ve benekli gövdeleriyle tılsımlı bir masal dünyasını yansıtmaktadır. Bu yaratıklar, büyülü, koruyucu ve uğur getirici olarak kabul edilir. Çift ve tek başlı kartallar ise bu masalsi dünyayı daha da zenginleştirir. Kartallar, İbni Bibi'ye göre sultanı koruyan, ona güç, ihtişam ve aydınlık veren sembollerdir. Bazı örneklerde siyah gövdelerindeki "Es Sultani" yazısıyla sultanı temsil ederler. Tavus kuşları da duvarlarda sık sık görülen motifler arasındadır ve sarayın cennet bahçesini hatırlatır. Bu güzel kuşlar, siyah, lacivert, mor, yeşil, eflatun gibi renklerde yükselen zengin kuyruklarıyla sarayı süslemektedir. Tavus kuşlarının etrafını nar veya haşhaş dalları ve arabeskler çevrelemektedir. Karşılıklı çift tavus kuşu figürleri arasında stilize ağaç tasvirleri, Kubadabad'ın sembol dünyasına zenginlik katmaktadır. Hayat ağacı ve kuşlar, diğer dünyaya ulaştırıcı araçlar olarak tasarlanmıştır. Bu motif, Şaman geleneklerinden kaynaklanmaktadır ve sık sık tekrarlanmaktadır (Öney, 1992, ss. 103-101).

Duvarlarda yer alan av hayvanlarıyla dolu başka bir dünya da dikkat çekmektedir. Av köpekleri, tilkiler, kurtlar, tavşanlar, antiloplar, dağ keçileri, yaban eşekleri, ayılar, aslanlar, atlar, şahinler ve doğanlar gibi avcı kuşlar, tek ve çift şekillerde, nar veya haşhaş dalları ve arabeskler arasında hareketli bir şekilde tasvir edilmiştir. Bu hayvanlar, kıvrak hareketleri ve kaçışan bakışlarıyla sarayın av bahçesini canlandırmaktadır. Stilize şekiller yer alan güç ve espri anlayışı büyüleyicidir. Ayrıca, figürlü örnekler arasında nadiren rastlanan bitkisel motifli veya yazılı çiniler de vardır. Beyşehir Kubadabad Sarayı'nın çinileri, özgün tasarımları ve zengin renkleriyle dikkat çekmektedir (R. Arık, 2000, ss. 73-87). Bu sanat eserleri, tarihi ve kültürel değerlerimizin bir parçasıdır ve günümüzde de hayranlık uyandırmaktadır. Kubadabad Sarayı'ndaki çiniler, büyümlü atmosferi ve o döneme ait zenginliği bizlere aktarmaktadır. Bu eşsiz eserler, geçmişten günümüze uzanan bir köprü görevi görmekte ve sanatseverlere büyüleyici bir deneyim sunmaktadır.

1.3.1.Kubad Abad Saray Çinilerinde Görülen Figürler



Görsel 4.Kubad Abad büyük saray'ın duvar çinileri, Arık, 2000: 54

Bölüm içerisinde bilgisayar ortamında yeniden üretilecek hayvan figürleri ve çiniler hakkında genel bilgiler verilip anlatılmıştır.

Doğayla iç içe yaşayan toplumlar, Orta Asya bozkır yaşantısında olduğu gibi, hayvanlarla sıkı bir ilişki içerisindeyler. Bu toplumlar doğayla uyumlu bir şekilde

yaşamak zorunda olduklarından, hayvanlarla işbirliği yapmak ve onlardan faydalanmak durumundadırlar (Gögebakan, 2013).

Doğaya ve özellikle hayvanlara duyulan saygı, toplumların hayvan kalıntılarını kullanarak ve ruhani kötülöklere karşı korunmak için onlardan ilham alarak sanatsal betimlemelerde hayvan üslubunun doğmasına etki etmiştir. Bu toplumlar, hayvanların güçlerine inanmış ve onlara saygı duymuşlardır. Bu nedenle, hayvan kalıntlarına ve sembollerine sanatsal eserlerinde sıklıkla yer vermişlerdir. Hayvan üslubu, doğadaki canlıların güzelliklerini ve anlamlarını yansıtan bir estetik anlayışı ifade etmektedir(Erdem, 2011, s. 25). Hayvan motiflerinin görüldüğü çiniler, MÖ 7. yüzyılda Orta Asya'da ortaya çıkan ve tüm Asya'ya yayılan göçebe sanatının bir uzantısıdır. Özellikle Hun çağından itibaren belirli bir sembolik dile ve üsluplaşmaya yönelen bu tarzda, hayvanlar belirli biçimsel kalıplara yerleştirilmiştir. Kartal, boğa, aslan, kurt, pars, dağ keçisi, geyik gibi hayvanlar göçebe toplulukların eşyalarının süslemelerinde bu sembolik dil ile karşımıza çıkmaktadır (O. Arık & Arık, 2007, ss. 305-310). Bu hayvan motifleri, göçebe toplulukların kültürlerinde ve inanç sistemlerinde önemli bir rol oynamıştır. Hayvanlar, güç, kudret, doğal dengenin sembolü olarak görülürken, sembolik biçimlere sokulmaları, onların anlamlarını ve özelliklerini vurgulamıştır. Bu motifler, göçebe toplulukların estetik anlayışını yansıtarak, eşyalarının süslemelerinde ve çini işlemlerinde kendini göstermiştir. Çinilerdeki hayvan motifleri, Asya kültüründe ve sanatında uzun bir geçmişe sahiptir. Bu motiflerin kullanımı, bölgenin tarihindeki göçebe toplulukların kültürel etkileşimlerini ve sanatsal mirasını yansıtmaktadır. Bu üslup Türkler'in İslamiyet'i kabulünden önce Avrupa'ya Hunlar ve İskitler gibi göçebe topluluklarla birlikte yayılmıştır. Bu üslubun etkileri, Asya'da Samarra ve Mezopotamya'da Abbasiler, İran ve Irak'ta Büyük Selçuklular gibi İslam medeniyetlerinde ve sonunda Anadolu'da da görülmüştür. Hayvan üslubu, Türk İslam Sanatı'nda 10-14. yüzyıllar arasında önemli bir yer tutmuştur (R. Arık, 2000, ss. 75-80).

Bu dönemde, hayvan motifleri Türk İslam Sanatı'nın dekoratif ve süsleme unsurlarında sıkça kullanılmıştır. Hayvanların sembolik anlamları, gücü, kudreti, doğanın dengesini temsil etmekteydi. Hayvan üslubu, çeşitli sanat eserlerinde, camilerin mimari detaylarında, minberlerde, ahşap oyma işlerinde ve el sanatlarında yoğun bir şekilde kullanılmıştır.

Bu üslup, Türk İslam Sanatı'nın kendine özgü bir estetik anlayışını yansıtmış ve o dönemdeki Türk kültürünün zenginliğini ve sanatsal birikimini göstermiştir. Hayvan motifleri, Anadolu'da özellikle Selçuklu dönemi mimarisinde ve

süslemelerinde önemli bir rol oynamıştır. Bu dönemde inşa edilen yapılar, hayvan figürlerinin ve geometrik desenlerin ustalıklı kullanıldığı görkemli eserlerdir.

Hayvan üslubu, Türk İslam Sanatı'nın karakteristik özelliklerinden biridir ve Türk kültürünün sanatsal mirasında önemli bir yer tutar. Bu üslup, Türklerin göçebe geçmişinden ve Orta Asya kültüründen gelen etkileri yansıtarak, İslam sanatının özgün bir yorumunu ortaya koymuştur.

Sarayın çini bezemelerinde av hayvanları ve avcı kuşların betimlenmesi, sarayın zenginlik ve ihtişamını vurgulayan bir gösteri şekli olarak görülebilir. Bu betimlemeler, doğanın ve hayvanların güzelliğini, asaletini ve doğal dengesini yansıtarak, sarayın içindeki doğayla bağlantısını temsil etmektedir. Aynı zamanda avcılık, asillerin statülerini ve yeteneklerini sergileme aracı olarak da kullanılmıştır. Bu bahçe, büyük av törenlerinin ve partilerin düzenlendiği düşünülen bir alandır. Sarayın çinilerinde yer alan avcı kuşlardan diğer hayvanlara kadar hepsi, Hasbahçe'nin atmosferini ve kadrosunu sembolize ettikleri düşünülmektedir. Hasbahçe, Kubad-Abad Sarayı'nın güneyinde yer alan ve kazıklarla çevrili bir sınırlı alan olarak bilinir (Karacalar, 2014, s. 112). Bu alanda gerçekleştirilen büyük av törenleri ve partiler, sarayın lüks ve ihtişamını yansıtmak, asillerin statülerini ve yeteneklerini sergilemek amacıyla düzenlenirdi. Hasbahçe, sarayın özel bir bölümü olarak düşünülür ve burada gerçekleştirilen etkinlikler, sarayın gücünü ve zenginliğini göstermek için önemli bir rol oynardı. Bu törenlerde avcı kuşlar, diğer hayvanlar ve doğal unsurlar, sarayın çini bezemelerindeki sembolik anlamlarını yansıtarak, Hasbahçe'nin atmosferini tamamlamaktaydı. Hasbahçe, Kubad-Abad Sarayı'nın özel ve ayrıcalıklı bir alanı olup, bu bahçede gerçekleştirilen av törenleri ve partiler, sarayın sosyal ve kültürel yaşamında önemli bir yer tutar (R. Arık, 2000, ss. 87-90).

Tarih boyunca anıtsal betimlemelerde önemli bir konu olan av, hem asiller için bir egzersiz hem de bir güç gösterisi olarak görülmüştür. Saray çevresinde avlanma, asillerin prestijini ve yeteneklerini göstermek için önemli bir etkinlikti. Bu alanda, geyik, kaz, ördek ve keklik gibi hayvanlar en önemli av hayvanları arasında yer alıyordu (R. Arık, 2000, s. 87).

Ayrıca doğan, şahin, sungur gibi orta büyüklükteki avcı kuşlar da sıklıkla avlanmada kullanılırdı. Bu yırtıcı kuşlar, diğer hayvanlarla birlikte sarayın çini bezemelerinde yer alarak, has bahçenin bir parçası olarak kabul edilirdi. Bu sembolik kullanım, yırtıcı kuşların avlanma yeteneklerini ve asil gücünü temsil ettiği düşünülmektedir (O. Arık & Arık, 2007, ss. 301-304).

Aslan Figürü

Türk sanatında aslan figürünün yaygın olarak kullanılmasında Şaman kültüründen İslam'a yansıyan izler etkili olmuştur. Aslan ve kaplan figürleri, Şaman inancında şamanın gökyüzüne ve yeraltına yaptığı yolculuklarda yardımcı ruhlar olarak kabul edilir. Bu figürler, güçlü ve korkusuz karakterleriyle önemli sembollerdir. Aslan figürlerinin türbe ve mezar taşlarında görülmesi, bu inancın İslam ile birleşmesiyle ilişkilendirilebilir. İslam'ın Türk kültürüne girdiği dönemlerde, Şamanizm ve İslam inançlarının sentezlenmesiyle ortaya çıkan bir sanat üslubu oluşturduğu düşünülebilir (Karacalar, 2014, ss. 141-142).

Kubad-Abad Büyük Sarayı'na ait çini buluntuları arasında, nadir görülen örnekler arasında yer alan bir aslan figürü betimlemesi bulunmaktadır. Bu figür, sıraltı bezeme tekniği kullanılarak sekiz köşeli yıldız formu üzerine işlenmiştir. Bu örnekteki figürün, av hayvanı olmadığı veya o bölgeye ait olmadığı düşünülmektedir (Kurt, 2012, s. 20). Aslan figürünün sekiz köşeli yıldız formu üzerinde kullanılması, geometrik desenlerin ve sembollerin simgesel bir anlamını taşıyabilir. Kubad-Abad Büyük Sarayı'nın çini bezemelerinde bu tür nadir ve özgün figürlerin bulunması, sarayın zenginlik ve sanatsal değerini vurgulayabilir. Bu örnekteki aslan figürü, sarayın hükümdarlık gücünü sembolize etmek amacıyla tasarlanmış özel bir eser olabilir. Anadolu Selçuklu dönemi çini sanatının özgünlüğü ve estetik değeri açısından bu tür nadir örnekler önemli birer keşif niteliği taşımaktadır.

Aslan Figürü, sultanın kudretini sembolize etmesi amacıyla tasvir edildiği tahmin edilmektedir. Aslan, güç, kudret ve asalet sembollerini temsil eden bir hayvandır. Bu nedenle, aslan figürünün sultanın iktidar ve otoritesini yansıtmak için kullanıldığı düşünülmektedir. Bu örnekteki çini buluntu, Anadolu Selçuklu çini sanatının özgün bir örneği olarak değerlendirilmektedir (R. Arık, 2000, s. 108).



Görsel 5.Kubad Abad aslan figürü, Arık,2000:107

Aslan figürünün kullanımı Yakın Doğu'nun çok eski geleneklerine dayanır. Aslan, antik çağlardan beri birçok kültürde önemli bir sembol olmuştur. İslam öncesi dönemde Sasanilerin etkisiyle İslam sanatında da aslan motifleri ve tasvirleri görülmektedir(Çoruhlu, 2002, ss. 136-137). Kubad-Abad Sarayı'nın çini bezemelerinde yalnız ve gururlu bir şekilde tasvir edilen aslan figürü, figürün sultanın kudretini sembolize etmek amacıyla kullanıldığı düşüncesini uyandırmaktadır(R. Arık, 2000, s. 107-108).

At Figürü

“Şamanist törenlerde at şamanın gökyüzüne çıkacağı bineği ve kurbanlık hayvan olarak önem kazanmıştır.”(Çoruhlu, 2002, s. 140).

Şamanist törenlerde at, önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle ilkbahar, yaz ve sonbaharda düzenlenen dinsel ritüellerde, atın kutsal bir hayvan olarak kabul edildiği ve şamanın gökyüzüne çıkmak için onu binek olarak kullandığı düşünülmektedir (Sener, 2003, ss. 72-74).

Şamanizm, Türk ve Orta Asya kültürlerinde yaygın olan bir inanç sistemidir. Şamanlar, doğaüstü güçlere sahip olduklarına inanılan kişilerdir, çeşitli ritüeller ve aracılık yoluyla insanlarla ruhani dünyayı birleştirmeye çalışırlar. At, bu ritüellerde şamanın bineği olarak kabul edilir ve şamanın gökyüzüne yükselmesine yardımcı olur. Şamanizmde atın, ölümü sembolize etmesinin nedeni, şamanın atın yardımıyla yeraltına veya öteki dünyaya geçebildiği inancıyla ilgilidir (Çoruhlu, 2002, s. 140).

Beyaz kırsağın kurban olarak kesilmesi, şamanist geleneğin bir parçasıdır. Kırsağın beyaz renkli olması, saflık, kutsallık ve ruhani güçlerle ilişkilendirilir. Atın kurban edilmesi, ruhani dünyaya sunulan bir hediye veya fedakârlık olarak görülür ve şamanın bağlantısını güçlendirmesi amaçlanır. Bu gelenek, şamanizmin temel unsurlarından biridir ve şamanist inanç sistemlerinde atın önemli bir simge olduğunu gösterir. Atın hem binek olarak kullanılması hem de kurban olarak sunulması, şamanların doğaüstü dünyayla iletişim kurma ve ruhani yolculuklarında ona olan inançlarını yansıtır. Atın Türk kültüründe önemli bir yere sahip olduğu ve çeşitli inançlar, ritüeller ve geleneklerle ilişkilendirildiği doğrudur. Kurgan adı verilen eski Türk mezarlarında bulunan gömülü at bedenlerinin, ölen kişiye öteki dünyada hizmet etmesi amacıyla yerleştirildiği düşünülmektedir(Çoruhlu, 2002, ss. 140-142). Bu at bedenleri, atın sahibine yol göstermesi ve ona eşlik etmesi için bırakılmıştır. At, Türk kültüründe sahibinin dostu, zafer ortağı ve değerli bir varlık olarak kabul edilmiştir. Atın savaş meydanlarında kullanılmasının sağladığı avantajlar nedeniyle, at figürü güç ve kudretin sembolü haline gelmiştir. At sürüleri, zenginlik ve refahın simgesi olarak görülmüştür. Beyaz atlar üzerindeki benekler nedeniyle uğurlu olarak kabul edilmiştir. Türk mitolojisi destanları ve öykülerinde at, önemli bir rol oynamıştır. At, efsanelerde kahramanların sadık eşlikçisi ve destekleyicisi olarak tasvir edilir. Atın gücü, hızı ve bağlılığı, Türk kültüründe yüzyıllar boyunca değerli bir simge haline gelmiştir. Türkler atı ehlileştirerek çeşitli amaçlar için kullanmışlardır. At, Türk kültüründe çok yönlü bir değere sahiptir. Türkler atın etinden, sütünden, kılından ve derisinden faydalanmışlardır. At, ulaşım aracı olarak kullanılmış, binme ve yük taşıma işlerinde büyük bir rol oynamıştır. Atın önemi sadece maddi ve askeri güçle sınırlı değildir. Türk takviminde on iki yıllık döngünün bir parçası olan "Yund" adıyla at, ölü gömme törenleri olan yağlarda, şöenlerde, spor etkinliklerinde ve temsili alanlarda da önemli bir rol oynamıştır(Erdem, 2011, s. 62). At, tezyini ve plastik sanatlarda da kullanılmış, süslemelerde ve motiflerde sıklıkla yer almıştır. Kubad-abad saray çinilerinde at figürü gerçekçi sayılabilecek bir üslupta, doğaya yakın resmedilmiştir(R. Arık, 2000, s. 112).



Görsel 6.Kubad Abad at figürü, Arık,2000:112

Ayı Figürü

Son zamanlarda yapılan araştırmalar, Türk topluluklarına ait ayı kültü ve sembollerinin kökeninin, Türklere ve çevrelerindeki topluluklara ait orman kültürüyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayı figürü, orman tanrısını veya ormanın ruhunu temsil etmektedir, bu şekilde algılanmaktadır (Çoruhlu, 2002, ss. 139-140).

Türk topluluklarının içinde yer alan bazı toplumlar hala ayıyı törenlerinde kullanmaktadır, bu da Orta ve İç Asya'daki Türk topluluklarında ayının önemini göstermektedir. Ayı için kullanılan bazı kelimeler, ata anlamına gelen kelimelerle ilişkilidir. Başkurılar gibi bazı Türk toplulukları, kendilerini ayıdan türediklerine inanırlar. Ayrıca, ayı kafatası üzerine yemin etme geleneği Yakutlar arasında bulunmaktadır. Ayı, adaletin sembolü olarak kabul edilir ve kuzeyli göçebelerin bayraklarında yer alması Çin kaynaklarında geçtiği söylenmektedir(Çoruhlu, 2002, s. 140). Geleneksel inanışa göre, insanların ayıyı avlayıp tüketmeleriyle birlikte, ayının gücü ve diğer özellikleri insan bedenine geçirdi. Ayı kültürüyle ilgili bazı tasvirler, Türk sanatının erken dönemlerine aittir. Ancak İslamiyet'in yayılmasından sonra, bu figür genellikle kaba kuvveti, kötü insanı ve aptallığı sembolize etmek için kullanıldı. Astrolojide ise ayı, sıkça kullanılan bir semboldür(Çoruhlu, 2002, s. 140).

Kubad-Abad Büyük Sarayı'ndaki kazılarda bulunan ayı figürü betimlemelerinde, ayılar büyük bedenlerine rağmen sakin bir şekilde meyve yemektedirler. Bu tasvirler, ayı figürünü korkutucu olmanın dışına çıkarmaktadır(R. Arık, 2000, s. 111).



Görsel 7.Kubad Abad ayı figürü, Arık,2000:111

Keçi Figürü

Kültigin yazıtının doğu yüzünde bulunan dağ keçisi şeklindeki amblem, koç veya dağ keçisi figürünün en güzel örneklerinden biri olarak bilinir ve bazen bir hanedan arması olarak kullanılır. Eski Türklerde dağ keçisine "sıgun" denirdi. Ayrıca, geyiğin av kültürüyle ilişkili olması, dağ keçisi için de geçerlidir. Bu bağlamda, geyiklerin sıgun otunu yemeleriyle ölümsüz olduklarına inanılır ve bu inanç, Taoizm'deki kutlu dağ efsanesinde de yer almaktadır. Bu nedenle ölümsüzlüğün sembolü olarak kabul edilirdi(Çoruhlu, 2002, s. 150). Kubad-Abad saray çinilerinde keçi figürü gerçekçi sayılabilecek bir üslupta, doğaya yakın resmedilmiştir (R. Arık, 2000, s. 112).



Görsel 8.Kubad Abad keçi figürü, Arık,2000:114

Tavşan Figürü

Türk kültürü ve mitolojisinde tavşan, önemli bir hayvandır. Eski dönemlerde, beyaz tavşan göğe, siyah tavşan ise yeraltına ait olduğu düşünüldüğünden, renklerine bağlı olarak anlamlandırılmıştır. Şamanist Türk toplulukları arasında, Altaylılar ve Yakutlar gibi diğer birçok topluluk diğer hayvan derileri gibi tavşan derilerini duvarlara veya sırıklara asarak ona saygı gösterirler. Aynı zamanda tavşan şamanın yardımcı ruhlarından biridir ve bu nedenle şaman davulları bazen tavşan derisiyle kaplanır. Tavşan ayrıca on iki hayvanlı takvimdeki yıl sembollerinden biridir. Göktürk döneminde av hayvanı olarak değerlendirildiği için uğurlu ve bolluk simgesi olarak kabul edilmiştir (Çoruhlu, 2002, s. 156).

Büyük Saray'da bulunan bir çinide, mat beyaz zemin üzerine sarımsı kahverengi tonlarla bitkisel arabesk süslemeler yapılmıştır. Üzerine kahverengi tavşan eklenmiştir ve hareket halindeki figürün gövdesinde beyaz benekler bulunmaktadır. Tavşan tasvirleri, diğer hayvan figürleri gibi hem tek başına hem de av sahneleri için kullanılmıştır (R. Arık, 2000, s. 117).



Görsel 9.Kubad Abad tavşan figürü, Arık,2000:117

Kedi Figürü

Küçük Saray kazılarında bulunan bir sır altı tekniğindeki çinide, krem renkli bir zemin üzerinde stilize yapraklar arasında kıvrılan dal motifleriyle vahşi bir kediye benzeyen bir hayvan figürü yer alır. Gövdesi ve arka ayaklarından biri kobalt mavisi ile boyanmış, kuyruğu ve diğer arka ayağı patlıcan moru renkleriyle süslenmiştir.

Figür üzerinde çeşitli renk bölmeleri kullanılarak bir tür perspektif yaratılmıştır(R. Arık, 2000, ss. 110-111).



Görsel 10.Kubad Abad kedi figürü, Arık,2000:111

Köpek Figürü

Köpek, Türk kültüründe genellikle kurdun karşısında olup koyunun konumuna yakın bir işlev üstlenmiştir. Özellikle ritüel ayinler sırasında güçlü şamanlar kurt veya kartal gibi hayvanların şeklini alırken, zayıf şamanlar ise köpek formuna bürünürlerdi ve köpek genellikle yeraltına inerken kullanılırdı. Bu olumsuz anlamıyla bazı Türk topluluklarında cenaze törenlerinde kurban edilen bu hayvan, Türk Kozmolojisi'nde ölümü simgeleyen bir sembol olarak kabul edilirdi (Çoruhlu, 2002, s. 154). Çoğu zaman olumsuz anlamlara sahip olsalar da, çeşitli Türk topluluklarında önemli sayılan efsanevi köpekler de mevcuttur. Örneğin, Kırgızlarda Kumayık, Başkurlarda Barak gibi köpekler önemli kabul edilir. İslamiyet'in yayılmasından sonra ise Müslüman Türkler ve diğer Müslüman topluluklarda Kıtımir (Kehf Suresi, 9-26) önemli bir yer tutar(Çoruhlu, 2002, s. 154). İslamiyet'in yayılmasından sonra köpeğin önemi, avcılığın soylular arasında itibar gören bir spor olması ve köpeğin av için kullanılmasıyla daha da artmıştır. Av köpeği dostluk ve sadakatin sembolü olarak kabul edilmiş, ayrıca sabrın ve tevekkülün bir simgesi olarak da görülmüştür(Çoruhlu, 2002, s. 155). Arık kitabında, avcılarının av hayvanlarını avlarken köpeğin onlara yardımcı olduğu belirtilmektedir. Kubad-Abad saray çinilerinde de avcılarının yardımcısı olan köpek figürüne sıklıkla rastlanmaktadır. Köpek figürü, bazen tek başına betimlenirken, sahibine haber

vermek veya sahibinden emir almak için arkaya dönük durmaktadır. Köpeğin çiniler arasında en sık betimlenen hayvan olması, av eğlencelerinin önemli bir figürü olduğunu göstermektedir(R. Arık, 2000, s. 108).



Görsel 11.Kubad Abad köpek figürü, Arık,2000:108

Kuş Figürleri

Yakutlardaki inanışa göre çocuğun sahip olduğu ruh bir kuş gibi gökten gelmiştir (Sener, 2003, s. 59). Şamanizm ve Orta Asya kültüründe, insanın ölüm anında canının kuş gibi uçup gitmesine dair bir inanç vardır. Bu inanca göre, insanın ruhu ölüm anında bedeninden ayrılır ve kuş gibi uçarak öteki dünyaya geçer. "Uçmak" veya "uçup gitmek" tabirleri, Orhun Kitabeleri gibi metinlerde ölümü ifade etmek için kullanılır. Bu inanış, insanın bedeninin ölümsüz ruhunun özgürce uçarak öbür dünyaya geçtiği fikrine dayanır. Bu motif, Orta Asya'daki şaman kültürü ve inanç sisteminin önemli bir parçasıdır.

Orta Asya kültüründe ve şamanizmde, ölüm sonrasında ruhun gökyüzüne kuşlarla birlikte yükseldiğine inanılır. Her insanın koruyucu bir ruhu olduğuna ve bu ruhun ölüm anında kuş formuna dönüşerek göğe doğru yükseldiği kabul edilir. Bu inanışa göre, ruh kuşlarla birlikte öbür dünyaya geçer ve orada varlığını sürdürür. Kuşlar aynı zamanda ruhun koruyucu ve rehberleri olarak kabul edilir(R. Arık, 2000, s. 97). Kubad-Abad saray çinilerinde gördüğümüz kuş figürleri, çoğunlukla av hayvanları olarak betimlenmiştir. Ördek, balıkçıl ve diğer kuşlar, doğaya yakın ve

gerçekçi bir şekilde tasvir edilmiştir. Bu tasvirler, bölgedeki gerçek kuşlarla benzerlik gösteren özellikler taşır. Kubad-Abad bölgesindeki doğal çevrenin zenginliği ve çeşitliliği, bu kuşların görsel motiflere yansıtılmasında etkili olmuştur. Bu bezemeler, sanatsal bir gözlem ve detaylı bir çalışmanın ürünü olarak ortaya çıkmıştır. Kubad-Abad sarayı, kuş motiflerinin yoğun olarak kullanıldığı birçok örnek sunmaktadır ve bu motifler, dönemin doğal çevresi ve av kültürüyle yakından ilişkilidir (R. Arık, 2000, s. 103). Kubad-Abad Küçük Sarayı'nda bulunan bir çinide hayat ağacı dalları arasında kuşlar tasvir edilmiştir.



Görsel 12.Kubad Abad hayat ağacının iki yanında karşılıklı kuş figürü, Arık,2000:92

Kubad-Abad Büyük Sarayı'nda bulunan iki yıldız çini bezemesinde gösterilen kuş figürleri, av sahnesini tasvir etmektedir. Bu tasvirde bir kuşun diğer bir kuşun boğazından yakaladığı ve sıkığı görülmektedir. Bu kompozisyon, avcı kuşların aktif bir şekilde av sahnelerinde yer aldığını ve avlanma eylemini betimlemektedir. Bu tür av sahneleri, dönemin av kültürünü ve avcılık faaliyetlerini yansıtan önemli örneklerdir(R. Arık, 2000, s. 89).



Görsel 13. Kubad Abad avcı kuş figürü, Arık,2000:90



Görsel 14.Kubad Abad kuş figürü, Arık,2000:100

2.BÖLÜM

2.BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Bilgisayar destekli tasarım terimi, bilgisayar destekli tasarımın nasıl ortaya çıktığı ve gelişimi ile alakalı konulara yer verilmiştir. İki boyutlu, üç boyutlu modelleme yöntemlerine ve tez çalışmasında kullanılacak olan Zbrush¹ programından bahsedilecektir

2.1.Bilgisayar Destekli Tasarım

Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer-Aided Design, CAD), tasarımların oluşturulmasında ve planlanmasında bilgisayar teknolojilerinin kullanılmasını ifade eder. İngilizce karşılığındaki baş harflerinin birleşiminden CAD ifadesini almıştır. Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında da Bilgisayar Destekli Tasarım veya Türkçe kısaltması olarak BDT kullanılmıştır.

BDT tasarımı birçok sektörde çeşitli projeler için kullanılmaktadır, bu sektörler peyzaj tasarımı, bina tasarımı, film animasyonu, mekanik parçalar için prototip tasarımı gibi sektörler olarak örnek gösterilebilir. 2B ve 3B BDT programları bir tasarımı oluşturmak, görselleştirmek, boyutlandırmak ve belgelemek gibi çeşitli görevlerin gerçekleştirilmesinde kullanılabilir. Gerçek hayattaki bir nesne veya yapı için dijital bir ikiz oluşturulabilir veya yeniden yaratılabilir (www.autodesk.com, 2023).

BDT yazılımları, kullanıcıların projelerini görselleştirmek için 2B veya 3B'lu tasarımlar oluşturabilmelerine olanak tanır. Bu tasarımlar, tasarım sürecinin daha etkin, değiştirilebilir ve geliştirilebilir olmasını sağlar. Bu şekilde tasarımcılar daha hassas temsiller oluşturabilir ve tasarımlarını kolayca değiştirerek kalitesini artırabilir.

2.1.1.Bilgisayar Destekli Tasarımın Tarihsel Gelişimi

1940 ve 1950 yılları arasında bilgisayar yazılımlarında CAD teknolojisinin ortaya çıkmasında etkili olan çeşitli gelişmeler yaşandı. Bu gelişmelerden bazıları,

¹ ZBrush, Pixologic Inc şirketi tarafından geliştirilmiş piksellere dayalı bir modelleme yaklaşımı sunan modelleme programıdır.

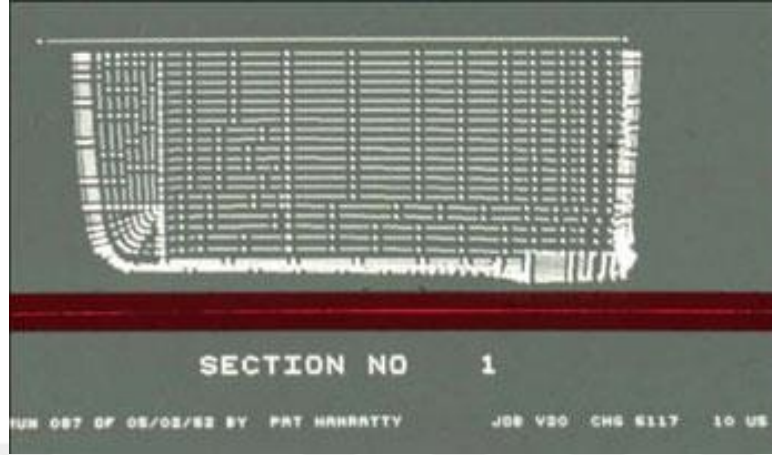
1951 yılında radar teknolojisinde ilgili vektörleri hesaplamak için, dönüşümleri otomatik olarak koordine etmeye yarayan yerleşik işlemlere sahip bir dijital bilgisayar ve 1952 yılında dijital işlem mekanizması ile bir şekil oluşturmanın matematiksel olarak çalışan dijital programlama aracıdır. 1951 yılında, radar teknolojisinin ihtiyaçlarına yönelik özel bir dijital bilgisayarın geliştirilmesiyle, radar vektörlerinin hesaplanması için özel bir sistem ortaya çıkmıştır. Bu bilgisayar, vektör hesaplamalarını otomatik olarak koordine edebilen yerleşik işlemlere sahipti. Bu gelişme, CAD teknolojisinin temellerini atmış ve sayısal hesaplamalardaki otomasyonun artmasına katkı sağlamıştır. 1952 yılında, matematiksel hesaplamaları yapabilen dijital programlama araçları geliştirilmiştir. Bu araçlar, dijital işlem mekanizmalarını kullanarak matematiksel olarak nesnelerin oluşturulmasını sağlamıştır. Bu, CAD teknolojisinin temelini oluşturan önemli bir adım olmuştur çünkü bilgisayarlar nesneleri dijital olarak modelleme yeteneğini artırmıştır. (en.wikipedia.org, 2023).

ABD Hava kuvvetleri tarafından Massachusetts Institute of Technology (MIT) Lincoln Laboratuvarı'nda günümüzde de kullanılmakta olan radar sisteminin temellerini atacak olan SAGE Hava Savunma Sistemi geliştirildi (www.ll.mit.edu, 2023).

1953'te MIT araştırmacısı Douglas T. Ross, SAGE ile ilgili veri azaltma grubunun ihtiyaç duyduğu şeyin tam olarak bu olacağına inanarak radar operatörleri tarafından kullanılan "*etkileşimli görüntüleme ekipmanı*"nı gördü. Ross ve MIT Lincoln Laboratuvarı'ndan diğer araştırmacılar, SAGE öncesi Cape Cod sistemi için kurulan karmaşık görüntüleme sistemlerinin tek kullanıcılarıydı. Ross bir röportajda "*bunu kendi kişisel iş istasyonları için kullandıklarını*" iddia etti (D. T. Ross, Röportaj, 01 Kasım 1989).

Bu ilk bilgisayarların tasarımcıları, programcıların hata ayıklama oturumu sırasında açılıp kapatılabilen mantıksal anahtarlarla bir ekran kapsamındaki akış şemalarını kullanarak yazılımda hata ayıklayabilmelerini sağlamak için yardımcı programlar oluşturdu. Basit devre şemaları ve akış şemaları oluşturmak için elektronik semboller ve geometrik şekiller yaratabileceklerini keşfettiler(Hurst vd., 1989). Bu programlar ayrıca nesnelerin istenildiği zaman yeniden üretilmesini sağladı; yönelimlerini, bağlantılarını veya ölçeği değiştirmek de mümkündü. Bu gelişmeler onlara çok sayıda olasılık sundu. Hanratty ile yapılan bir röportajda: 1957-1958 yılları arasında Dr. Patrick J. Hanratty, General Electric firmasında, Douglas T. Ross tarafından yönetilen bir ekiple birlikte, ilk ticari nümerik-kontrol

programlama sistemi olan PRONTO'yu geliştirdiği söylenmiştir. (www.sme.org, 2023).



Görsel 15.1962'de Patrick Hanratty tarafından programlanan bir 1964 Pontiac bagaj kapağı modeli için  eksenli takım yolu. <https://www.sme.org/technologies/articles/2010/masters-of-manufacturing-patrick-j.-hanratty/>

Bu program CAD/CAM programlarının gelişimde bir nc role sahip olarak kabul edilmektedir. Ross, 1959'da bilgisayar destekli tasarım (CAD) terimini ne sürdü (Ross, 1960).

1960'lı yıllarda Ivan Sutherland MIT'de doktorasını yapmaktaydı, (MIT) Lincoln Laboratuvarı'nda geliştirilmiş TX-2 bilgisayarını Sketchpad'i geliştirmekte kullandı. şu an günümüzde CAD programlarının kullanımını kolaylaştıran grafik tabletlerin atası 1963 yılında Ivan Sutherland tarafından Sketchpad geliştirildi (lemelson.mit.edu, 2023).

Bu sayede bilgisayar grafiklerinde bir yenilik yarattığı söylenebilir. Kullanıcıların, hafifçe bir kalem kullanarak direkt bilgisayar ekranında reel zamanlı olarak görüntü yapmalarını ve çizmelerini sağladı. Diğer yenilikçi özelliklerin yanı sıra Sketchpad, kullanıcılarının ileride kullanmak suretiyle çizimleri manipüle etmesine, oğaltmasına, saklamasına ve geri çağırmasına izin verdi (Sutherland, 2012).

Sketchpad, insan-bilgisayar etkileşiminin önünü açtı; günümüzde tüm bilgisayarlarda, oyun arayüzlerinde, MP3 ararlarda ve akıllı telefonlarda bulunan grafik kullanıcı güncelleme (GUI) programlarının öncüsü oldu (www.invent.org, 2023).



Görsel 16. Sketchpad Bilgisayarı Kullanan Bir Adam. <https://history-computer.com/sketchpad-guide/>

1960'larda uçak, otomotiv, endüstriyel kontrol ve elektronik endüstrilerindeki teknolojik gelişmeler üç boyutlu yüzey yapımı, NC (Numerical Control) programlama ve tasarım analizi alanlarında ilerlemelere yol açtığı düşünülür. Gelişmelerin çoğunun birbirinden bağımsız olduğu ve çok sonralara kadar yayınlanmadığı söylenebilir. 1966 yılında CAD teknolojisine ve sinema sektörünün gelişimine katkıda bulunduğu söylenebilecek olaylardan birisi, Dr. Philip Mittelman tarafından kurulan Mathematical Applications Group, Inc. (MAGI) CGI² görüntüleri oluşturmak için geliştirilen SynthaVision adlı bir yazılım programıdır(en.wikipedia.org, 2023).

3D CAD/CAM'in icadı, Fransız mühendis Pierre Bézier'e atfedilir. 1966 ve 1968 yılları arasında, yüzeylerle ilgili matematiksel çalışmalarından sonra, otomotiv endüstrisi için parça ve alet tasarımını kolaylaştırmak için UNISURF'ü geliştirdi. UNISURF sonraki CAD yazılımı nesilleri için çalışma üssü haline geldi(Bézier vd., 1997). UNISURF'ün yardımıyla geliştirilen araba parçalarından biri de Peugeot 204'ün gövdesidir (www.theautopian.com, 2023).

Dr. Patrick J. Hanratty 1971 yılında Manufacturing Consulting Services Inc. (MCS)' yi kurdu. Şirket ADAM (Automated Drafting and Machining) projesini geliştirdi, piyasadaki tek çizim ve işleme yazılımı olduğu iddia edilmekteydi. AD-

² CGI, Computer Generated Imagery'nin kısaltmasıdır. Türkçe karşılığı Bilgisayar tabanlı görüntü anlamına gelmektedir.

2000 ve devamında ANVIL isimli CAD/CAM sistemini geliştirerek CAD alanında önemli gelişmelerin önünü açtığı söylenebilir (www.sme.org, 2023). Ken Versprille, CAD ve bilgisayar grafiklerinde uluslararası bir standart olan matematiksel eğri ve yüzey formülasyonu olan NURBS'nin ilk tanımını yayınlaması 1970'ler için önemli olaylardan birisidir(www.cimdata.com, 2023). Rochester Üniversitesi'nde geliştirilen ve CAD alanında, eğriler ve yüzeylerin oluşturulmasının öncüsü bir rol oynayan, parça ve montaj tanımlama dili'nin kısaltması olan PADL (Part and Assembly Description Language) Alan Grayer, Charles Lang ve Ian Braid tarafından yapılması önemli olaylar arasındadır(Wang vd., 1981, ss. 359-362). 12 Ağustos 1981'de Don Estridge, New York City'deki Waldorf Astoria balo salonunda düzenlenen bir basın toplantısında, ilk kişisel bilgisayarın IBM şirketi tarafından piyasaya sürülmesi de CAD alanının gelişmesi için önemli bir zemin hazırlamıştır (www.ibm.com, 2023).



Görsel 17.IBM PC'nin ilk çıkışı https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc25/pc25_intro.html

1981'de ortaya çıkan önemli yazılımlar ve onları geliştiren ekipler şunlardı; PADL-2 tabanlı Romulus yazılımı ShapeData ekibi tarafından geliştirildi, Uni-Solid (Unigraphics) katı modelleme paketleri ve yüzey modelleyici CATIA Fransız şirket Dassault Systemes tarafından geliştirildi (en.wikipedia.org, 2023). 1982 yılında San Francisco, Kaliforniya merkezli Autodesk Inc. Şirketi kuruldu (www.autodesk.com, 2023). Autodesk'in ilk sürümü 1982 yılının aralık ayında Comdex'te tanıtıldı ve yayınlandı(Inc, 1984, s. 39). CAD alanı için bir devrimdi, AutoCAD endüstride mimarlar, proje yöneticileri, mühendisler, grafik tasarımcılar, şehir planlamacıları ve diğer profesyoneller tarafından günümüzde halen kullanılmaktadır. Aralık 1993'te Massachusetts Institute of Technology mezunu Jon Hirschtick SolidWorks Corporation'u, kurdu. Amaçlanan proje kullanımını kolay, uygun fiyatlı ve Windows

masaüstünde kullanılabilen 3D CAD yazılımı oluşturmaktı ve Kasım 1995'te ilk ürünü SolidWorks 95'i piyasaya sürdü. CAD programlarının kişisel bilgisayarla buluşması fikrinin gerçekleştiği ve 21.yy. da yayınlanacak açık kaynak kodlu CAD projelerin yolunu açtığı söylenebilir. 2000'li yıllarda açık kaynak kodlu projelerin yaygınlaştığı söylenebilir, BRL-CAD, LibreCAD, FreeCAD gibi projeler örnek gösterilebilir(en.wikipedia.org, 2023).

Günümüzde en popüler, açık kaynak kodlu ve ücretsiz CAD programı Blender şirket içi bir uygulama olarak geliştirmeye başlandı, ilk kaynak dosyalarına göre 2 Ocak 1994 yılında Hollandalı animasyon stüdyosu NeoGeo tarafından başlanmış bir projeydi. NeoGeo'nun dağılmasının ardından Ton Roosendaal, Blender'ı daha da geliştirmek için Haziran 1998'de Not a Number Technologies'i (NaN) kurdu. Erken erişim veya projenin tamamlanmamış halini piyasaya sunmasıyla NaN'ın 2002'de iflas etmesine sebep olduğu düşünülmektedir. 2022'nin Mayıs ayında Roosendaal tarafından kurulan kar amacı gütmeyen Blender Foundation şirketinin topladığı bağışlar sayesinde şirket hala ayakta ve günümüzde yazılıma ücretsiz bir şekilde erişebilmekteyiz(en.wikipedia.org).

CGI, film ve oyun sektörlerindeki yüksek detaylı model ihtiyacına karşılık Ofer Alon ve Jack Rimokh tarafından Pixologic Inc şirketi 1999 yılında kuruldu (opencorporates.com, 2023). Windows ve Mac sistemleri için ZBrush 4 sürümü 2009 yılının Eylül ayında kullanıma sunuldu(archive.zbrushcentral.com, 2023). 21.yy. da bilgisayarların çeşitliliği ve telefon, tablet gibi cihazların donanım teknolojilerinin ilerlemesiyle CAD programlarına İnternet ve bulut gibi ortamlardan bile erişmek mümkün.

2.1.1.1. 2 Boyutlu modelleme kavramı

İki boyutlu modelleme, nesnelerin veya tasarımların iki boyutlu yüzeyler üzerinde temsil edilmesi işlemidir. Bu yöntem, genellikle teknik çizimler, planlar, şemalar ve benzeri uygulamaların oluşturulması için kullanılır. İki boyutlu modelleme, nesnelerin enine ve boyuna ölçülerini, şekillerini ve ilişkilerini ayrıntılı bir şekilde gösterir. Bu yöntem, nesnelerin yalnızca dış hatlarını veya konturlarını göstermekle sınırlı olabileceği gibi, daha ayrıntılı çizimler içerebilir. İki boyutlu modelleme, tasarımların analizi, incelemesi ve iletişimi için önemlidir ancak nesnenin tam bir üç boyutlu (3D) temsilini ortaya koymaz.

2.1.1.2. 3 Boyutlu modelleme kavramı

Üç boyutlu modelleme, nesnelerin veya sistemlerin genişlik, yükseklik ve derinlik gibi üç boyutlu ölçümlerini içeren bir model oluşturma sürecidir. Bu tür modelleme, gerçek dünyadaki nesnelerin daha detaylı ve gerçekçi bir temsiliyi sağlar(Özgüven, 2010, ss. 14-16).

Üç boyutlu modelleme, nesnelere üç boyutlu bir koordinat sistemi üzerinde tanımlar, noktalar, kenarlar, yüzeyler ve hacimler gibi geometrik şekilleri kullanır. Modellemek istenen nesnenin detay seviyesine bağlı olarak, karmaşık veya basit şekiller kullanılabilir. Üç boyutlu modelleme genellikle BDT yazılımları veya üç boyutlu modelleme yazılımları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yazılımlar, nesnelerin üç boyutlu formunu oluşturmak için kullanıcıya araçlar ve işlevler sağlar. Modelleme süreci, nesnenin şekillerini ve yüzey özelliklerini tanımlamayı içerir(Arora, 2021, ss. 2-4).

Üç boyutlu modelleme, gerçekçi görüntüler, animasyonlar ve sanal gerçeklik deneyimleri oluşturmak için kullanılır. Aynı zamanda mühendislik analizleri, prototiplerin oluşturulması, üretim süreçlerinin planlanması gibi pratik uygulamalarda da kullanılır. Üç boyutlu modelleme, nesnelerin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesini, görselleştirilmesini ve etkileşimli olarak kullanılmasını sağlayabilir.

2.2. Bilgisayar Destekli Tasarımın Yararları

BDT, tasarım sürecinde bir dizi avantaj sağlayan bir yöntemdir. İşte CAD'in bazı yararları:

Hızlı ve Hassas Tasarım: CAD yazılımları, tasarımların hızlı bir şekilde oluşturulmasına ve düzenlenmesine olanak tanır. Manuel çizimlere göre daha hızlı çalışılabilir ve hatalar daha kolay tespit edilebilir. Ayrıca, CAD yazılımları, ölçeklendirme, döndürme ve diğer manipülasyonlar gibi işlemleri hassas bir şekilde gerçekleştirebilir, bu da doğru ve tutarlı tasarımların oluşturulmasını sağlar.

Kolay Düzenleme ve İterasyon³: CAD yazılımları, tasarımları düzenlemeyi ve iterasyonları hızlı bir şekilde yapmayı kolaylaştırır. Bir tasarımın farklı

³İterasyon, tekerrür, tekrarlama, yineleme ve mükerrer icrâ, ardışık işlem anlamlarına gelen iterasyon (iteration), programlamada bir dizi işlemin döngüler kullanarak yazılmasıdır.

özelliklerini, boyutlarını veya malzemelerini değiştirmek CAD yazılımlarıyla kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Bu sayede, tasarımcıların daha fazla seçenek ve esneklikle çalışmasını sağlar aynı zamanda tasarım sürecinin verimliliğini artırır.

Analiz ve Simülasyon: CAD yazılımları, tasarımların gerçek dünya koşullarında nasıl davranacağını analiz etmek için simülasyon ve test araçları sağlar. Örneğin, bir mühendis bir parçanın dayanıklılığını veya bir mimar bir binanın enerji verimliliğini analiz etmek için CAD yazılımını kullanabilir. Bu, tasarımlardaki hataları, sorunları erken aşamalarda tespit etmeyi ve düzeltmeyi mümkün kılar(www.autodesk.com, 2023).

İşbirliği ve İletişim: CAD yazılımları tasarımların kolayca paylaşılmasını ve işbirliği yapılmasını sağlar. Tasarımlar, teknik çizimler, malzeme listeleri ve diğer belgeler şeklinde oluşturulabilir ve paylaşılabilir, farklı ekipler veya tedarikçiler arasında iletişimi kolaylaştırır ve işbirliğini geliştirir.

Verimlilik ve Maliyet Tasarrufu: CAD yazılımları, tasarım sürecini hızlandırır, verimliliği artırır ve maliyetleri düşürür. Hızlı tasarım ve düzenleme yetenekleri, projelerin zamanında tamamlanmasını sağlar. Ayrıca prototip üretimi veya seri üretimde kullanılan makinelerle entegrasyon sağlayarak, üretim süreçlerini en uygun duruma getirir ve maliyetleri düşürür.

Bu yararlar, CAD'in birçok endüstride yaygın olarak kullanılmasının nedenlerinden sadece birkaçıdır. CAD, tasarımcılara daha etkili ve verimli bir şekilde çalışma imkanı sunar, tasarımların kalitesini artırır ve süreci iyileştirir.

2.3. Bilgisayar Destekli Tasarım Yöntemleri ve Çeşitleri

Bilgisayar destekli tasarım (CAD), bir tasarımın oluşturulmasına, değiştirilmesine, analizine veya optimizasyonuna yardımcı olmak için bilgisayar yazılımı ve sistemlerinin kullanılması anlamına gelir. CAD yöntemleri ve türleri, çeşitli endüstrileri ve tasarım disiplinlerini desteklemek için zaman içinde gelişmiştir. Yaygın olarak kullanılan bazı CAD yöntemleri ve türleri şunlardır:

2B BDT: Bu yöntem, nesnelerin veya tasarımların iki boyutlu temsillerini oluşturmayı içerir. Genellikle teknik çizimler, kat planları, şemalar ve benzeri diğer uygulamaları oluşturmak için kullanılır. 2B CAD yazılımı, tasarımların hassas bir şekilde çizilmesine ve açıklanmasına olanak tanır.

3B BDT: 3D CAD, nesnelerin veya tasarımların üç boyutlu modellerinin oluşturulmasını sağlar. Nihai ürünün daha gerçekçi bir temsilini sunar ve daha iyi görselleştirme ve değerlendirmeye olanak tanır. 3B CAD modelleri döndürülebilir, yakınlaştırılabilir ve farklı açılardan analiz edilebilir, bu da tasarımın doğrulanmasına ve iletişimine yardımcı olur.

Katı Modelleme: Katı modelleme, nesnelere katı hacimlerin bir koleksiyonu olarak temsil eden bir tür 3B CAD tekniğidir. Hacim, şekil ve kütle gibi geometrik özelliklerini tanımlayarak karmaşık, gerçekçi modellerin oluşturulmasına olanak tanır. Katı modeller, mekanik ve endüstriyel tasarımda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Parametrik Modelleme: Parametrik modelleme, parametreler ve ilişkiler kullanılarak tasarım öğelerinin tanımlanmasını içerir. Tasarımcıların kısıtlamalar, formüller ve parametreler tarafından yönlendirilen modeller oluşturmasına olanak tanıyarak tasarımları değiştirmeyi ve güncellemeyi kolaylaştırır. Tasarımın bir yönünde yapılan değişiklikler otomatik olarak tüm modele yayılarak tasarım tutarlılığı sağlar.

Yüzey Modelleme: Yüzey modelleme, katı hacimler yerine yüzeyler oluşturmaya ve bunları değiştirmeye odaklanır. Yüzeylerin dış görünümünün ve pürüzsüzlüğünün çok önemli olduğu otomotiv ve endüstriyel tasarımda yaygın olarak kullanılır. Yüzey modelleri, işleme, analiz ve görselleştirme amaçları için kullanılabilir(en.wikipedia.org, 2023).

Montaj Tasarımı: Montaj tasarımı, birden çok parçadan oluşan karmaşık montajları oluşturma ve yönetme sürecini ifade eder. CAD yazılımı, bileşenler arasındaki ilişkileri tanımlamak, hareketi simüle etmek ve parçalar arasındaki girişimi veya çakışmaları tespit etmek için araçlar sağlar. Bu yöntem özellikle makine mühendisliği ve ürün geliştirmede kullanışlıdır.

Çizim ve Ek Açıklama: CAD yazılımı, ayrıntılı çizimler oluşturmak ve boyutlar, notlar ve semboller gibi açıklamalar eklemek için araçlar içerir. Bu özellikler, tasarım amacının ve spesifikasyonların üretim ekiplerine veya paydaşlara iletilmesini kolaylaştırır.

Simülasyon ve Analiz: CAD sistemleri genellikle simülasyon ve analiz yeteneklerini entegre eder. Bu, mühendislerin üretimden önce bir tasarımın performansını, davranışını ve özelliklerini değerlendirmesini sağlar. CAD

simülasyonlarına örnek olarak gerilim analizi, akışkan dinamiği, termal analiz ve hareket simülasyonları verilebilir(www.cadpro.co.nz, 2023).

CAD/CAM Entegrasyonu: Bilgisayar destekli üretim (CAM) sistemleri, genellikle tasarım verilerinin üretim ekipmanına doğrudan aktarılmasına izin veren CAD yazılımıyla entegre edilir. Bu entegrasyon, doğru ve verimli üretim süreçleri sağlar.

CAD yöntemleri ve türleri, teknoloji ilerledikçe gelişmeye devam ediyor. Daha yeni gelişmeler arasında üretken tasarım, sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) entegrasyonu, bulut tabanlı işbirliği ve eklemeli üretim optimizasyonları yer alıyor.

2.3.1 Bilgisayar Destekli Tasarım ve Modelleme

Bu bölümde, modelleme hakkında daha teknik bilgiler verilmiştir.

2.3.1.1. İki Boyutlu Modelleme Biçimleri

İki boyutlu modelleme, bir nesnenin veya sisteminin yalnızca genişlik ve yükseklik gibi iki boyutlu ölçümlerini içeren bir model oluşturma sürecidir. Bu tür modellemeler, bir düzlem üzerinde çalışan veya sadece iki boyutlu hareketi olan nesnelere veya sistemlere tanımlamak için kullanılır(Türkel, 2008, ss. 52-54).

İki boyutlu modelleme genellikle gerçekçilikten ziyade işlevsellik ve görsel sunum amacıyla kullanılır. Bu nedenle, üç boyutlu modelleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha basit ve sınırlı bir perspektif sunar. Ancak, iki boyutlu modellemeler hala birçok alanda kullanışlıdır ve belirli ihtiyaçları karşılamak için yeterli olabilir. Bu tür modellemeler genellikle vektör veya piksel tabanlı grafikler kullanılarak oluşturulur(Özdemir, 2022). Vektör, matematiksel bir kavram olup büyüklüğü, yönü ve noktasal bir başlangıç noktası olan bir niceliği temsil eder. Vektörler genellikle bir koordinat sistemi içinde tanımlanır. Bu sistemde, vektörün başlangıç noktası (orijin) ve bitiş noktası (uç nokta) arasındaki ilişki, vektörün konumunu ve yönünü belirler. Vektörler, iki veya üç boyutlu uzaylarda tanımlanabilir ve matematiksel işlemlerle manipüle edilebilir. Vektör tabanlı modellemeler matematiksel denklemleri ve düzleme yerleştirilen noktaları kullanır. Bu şekilde, nesnelere belirli bir ölçekte ve oranlarda temsil etmek mümkün olur yani buradan yola çıkacak olursak vektörel bir çizim çözünürlük değiştirilse dahi bozulmayacaktır(Özgüven, 2010, s. 76).

Piksel tabanlı modellemeler ise nesnelere piksellerin bir araya gelmesiyle oluşturulan bir düzlem üzerinde temsil eder her bir piksel farklı renklere sahip olabilir, piksel'ler ile yapılmış bir çizimin çözünürlüğü değiştirildiğinde piksel'lerin çapları değişecektir, yani oluşturulan görseller yakınlaştırıldığında çözünürlükte bozulmalar olacaktır.

2.3.1.2. Üç Boyutlu Modelleme Biçimleri

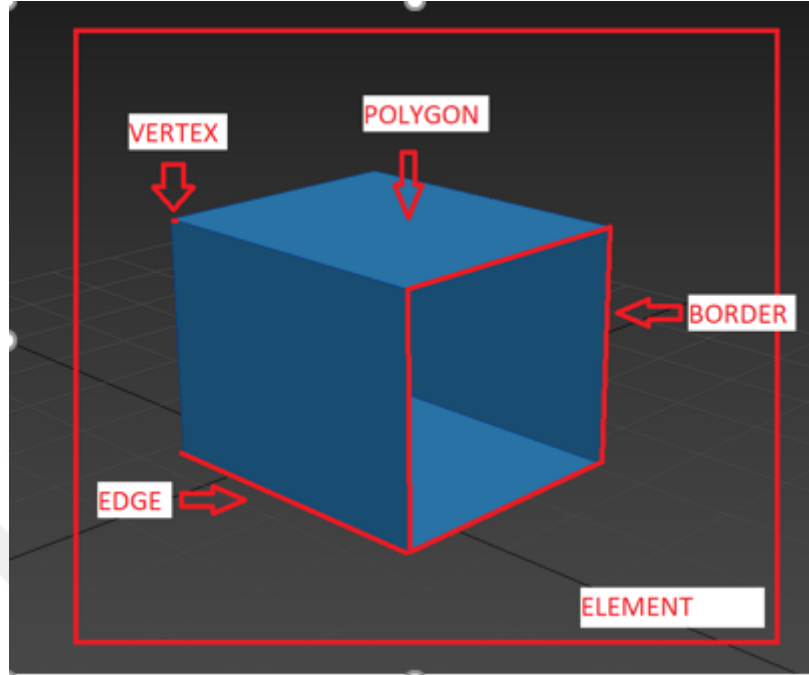
2.3.1.2.1. Katı (Solid) Modelleme

Katı modelleme, bilgisayar destekli tasarım (CAD) alanında kullanılan bir yöntemdir ve nesnelerin üç boyutlu (3D) katı modelini oluşturmayı sağlar. Bu yöntem, gerçek dünyadaki nesnelerin şekillerini, boyutlarını ve özelliklerini hassas bir şekilde temsil etmeye yönelik olarak kullanılır. Katı modelleme, nesnelere tam olarak tanımlayan ve içerdikleri hacmi temsil eden geometrik bilgilerin birleşiminden oluşur. Katı modeller, bir nesnenin tüm yüzeylerini, kenarlarını ve köşelerini içerir. Bu modeller, bir nesnenin iç ve dış yüzeylerini, boşluklarını, bileşenlerini ve diğer detaylarını ifade edebilir.

“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 modelleme, tasarımcıların nesnelere oluştururken, değiştirirken ve analiz ederken büyük esneklik sağlar. Tasarımlar, diğer nesnelerle ilişkilendirilebilir, birleştirilebilir, parçalara ayrılabilir ve ölçeklendirilebilir. Bu yöntem, endüstriyel tasarımdan mühendisliğe, mimarıktan oyun geliştirmeye kadar birçok alanda yaygın olarak kullanılır. Katı modelleme yöntemleri, bir dizi işlemle oluşur. Katı modelleme, gerçek nesnelerin sanal bir temsilini oluşturarak tasarımcılara ve mühendislere önemli bir araç sunar. Bu yöntem, daha önceden belirlenen boyut ve özelliklere sahip nesnelerin daha kolay tasarlanmasını, analiz edilmesini ve üretime hazırlanmasını sağlar. Ayrıca, hataları tespit etmek, farklı tasarım alternatiflerini değerlendirmek ve iletişim kurmak için kullanılan etkili bir araçtır.

2.3.1.2.2. Üçgen (Polygon) Modelleme



Görsel 18.Üç boyutlu çokgenlerin anlatımı.

Polygon tabanlı modelleme, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar grafikleri alanında yaygın olarak kullanılan bir 3D modelleme yöntemidir. Bu yöntemde, 3D nesnelere yüzeylerini oluşturmak için düzlemsel çokgenler veya poligonlar kullanılarak temsil edilir (Amresh, 2011, ss. 1-8). Polygon tabanlı modelleme, nesnelere oluşturmak için poligonları birleştirerek veya bağlayarak kullanır. Poligonlar genellikle üçgen veya dörtgen şeklindedir, ancak daha karmaşık modellerde beşgen, altıgen veya daha fazla kenarı olan poligonlar da kullanılabilir. Poligonlar, nesnelere yüzeylerini oluşturmak için birlikte düzenlenir ve bağlantılarıyla birlikte nesnenin genel formunu oluştururlar. Polygon tabanlı modelleme, tasarımcılara ve sanatçılara detaylı ve karmaşık 3D modeller oluşturma esnekliği sağlar. Bu yöntemde, modeller düz yüzeyler veya meshler olarak adlandırılan ağlar halinde temsil edilir. Bu ağlar, düğümler (vertexler) ve bu düğümleri birleştiren kenarlardan oluşur. Her düğüm, bir noktanın konumunu ve özelliklerini temsil eder. Polygon tabanlı modelleme, yüzey detaylarını ve şekillerini hassas bir şekilde kontrol etme imkânı sağlar. Modeller, düğümlerin ve kenarların manipülasyonu ile şekillendirilebilir, böylece nesnelere düzlemlerini, eğrilerini ve karmaşık geometrilerini oluşturmak mümkün olur. Bu yöntem ayrıca modelin pürüzsüzlüğünü ve ayrıntılarını artırmak için yüzeylere veya kenarlara katı veya yumuşak kenarlar eklemeyi de sağlar. Polygon tabanlı modelleme, birçok alanda

kullanılır. 3D animasyon, video oyun tasarımı, sanal gerçeklik (VR), mimari görselleştirme ve endüstriyel tasarım gibi alanlarda sıklıkla kullanılır. Modelleme yazılımları, polygon tabanlı modelleme araçları ve işlemleri sunar, böylece tasarımcılar ve sanatçılar 3D nesnelere oluşturabilir, düzenleyebilir ve görselleştirebilir. Polygon tabanlı modelleme yöntemi, karmaşık nesnelere detaylı ve esnek bir şekilde oluşturulmasını sağlar ve 3D dünyasının temel bir bileşenidir.

2.3.1.2.3. Heykel (Sculpt) Modelleme

3B nesnelere şekillendirirken sanatsal bir yaklaşımı teşvik eden ve gerçek dünyadaki heykel yapma sürecine benzer bir deneyim sunan 3B modelleme süreci demek mümkündür. Temelinde Polygon tabanlı modelleme biçimidir. Fakat 3B bir obje üzerinde çalışırken onu 2B bir obje gibi sahneye yerleştirilerek bilgisayarın kullanacağı işlem gücünü azaltır ve diğer polygon tabanlı 3B yazılımlarının aksine milyonlarca polygon üzerinde değişiklik yapmaya olanak tanır. Organik ve detaylı 3B modeller oluşturmak için kullanılır. Tabiki burada oluşturulan nesnelere üzerinde daha düşük çözünürlüklere de geçilebilmesine imkan tanır, örnek olarak Zbrush yazılımı buna en büyük örnekler arasındadır. Zbrush poligon tabanlı bir modelleme programı olduğundan, poligonların manipülasyonu önemli bir adımdır. Modelin poligon sayısını artırma veya azaltma, poligon akışını düzenleme, yüzeyi pürüzsüzleştirme gibi işlemler, ZBrush'ın poligon manipülasyon araçlarıyla gerçekleştirilebilir (Spencer, 2011, s. 17). Çalışma mantığı hakkında Scott Spencer şöyle bahsetmektedir; ‘‘ZBrush, temel olarak üç tür nesneyle çalışır: modeller, ZTool'lar ve belgeler. Modeller, ZBrush'ta primitifler ve ZSpheres kullanarak oluşturduğunuz veya 3ds Max veya Maya gibi üçüncü taraf uygulamalardan içe aktardığınız obje modelleridir. Bu modeller, yüzeyde bölümlere ayırma, şekillendirme veya boyama yapmaya başladığınızda araçlara dönüşebilir. ZTool'lar, çoklu düzeyde alt bölünme ve doku bilgisi içeren 3D modelleri depolamak için bir ZBrush dosyası türüdür. Belgeler aslında görüntülerdir. Belgeler, resim yapma ve renderlama arasında bir hibridtir. ZTool'larınızı belge alanına yerleştirebilir ve 2.5D bir illüstrasyon olarak aydınlatma, gölgelendirme ve renderlama yapabilirsiniz. Ve ‘‘ 2.5D illüstrasyon, renk, malzeme ve derinlik boyama imkanı sağlayan bir ZBrush terimidir. ZBrush tuvali "derinlik etkin" olarak adlandırılır ve ZBrush'e güçlü görüntü oluşturma yetenekleri kazandırır. Bu özellik sayesinde, ZBrush ile birlikte 2.5D illüstrasyonlar oluşturabilirsiniz, yani görüntülere derinlik katmanları ekleyebilirsiniz. Bu da size daha gerçekçi ve dokulu sonuçlar elde etme imkanı sağlar (Spencer, 2011).’’



Görsel 19. Kaplumbağa modeli, Muhammed Said Şen,2020.

3D nesnelere şekillendirirken sanatsal bir yaklaşımı teşvik eder ve gerçek dünyadaki heykel yapma sürecine benzer bir deneyim sunar. Bir yağın olarak kullanılan poligon temelli modellemenin aksine modelin nokta, çizgi veya yüzeyine teker teker müdahale etmek yerine, bu yazılımlarda gerçek hayatta bir heykel traşın kil üzerinde işlem yaparken ellerini kullanmasına benzer bir yaklaşımı vardır. Heykel traşların aletlerini taklit ederek oluşturulmuş Brush'lar yani Fırçaların kullanımına odaklı programlardır. Günümüzde bu özelliği kullanan yazılımlar arasında Blender ve Zbrush örnek gösterilebilir.

Scott Spencer'a göre, ZBrush, sektördeki en gelişmiş 3D modelleme programlarından biridir. ZBrush'ın diğer 3D modelleme programlarından ayıran belirgin özellik, geleneksel heykel tekniklerini bilgisayar ortamında dijital olarak taklit edebilmesidir. ZBrush, heykel yapma sürecini sanki gerçek bir kil topu üzerinde çalışıyormuşçasına dijital bir ortamda şekillendirme imkanı sunar. Bu, sanatçılara geniş bir yaratıcı özgürlük sağlayan gelişmiş araçlarla gerçekleştirilir. Sanatçılar, ZBrush kullanarak sadece daha organik ve detaylı modeller oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda bu modellere Maya veya 3ds Max gibi diğer programlardan çok daha hızlı bir şekilde erişirler.

Pixologic, Inc. tarafından geliştirilen ZBrush, ilk olarak 1999 yılında tanıtıldı ve resmi olarak 2009 yılında PC ve Mac platformları için piyasaya sürüldü (Spencer, 2011). Günümüzde ise en gelişmiş 3D heykel yazılımlarından biri olarak kabul edilmektedir. ZBrush, büyük bir araç seti ve çeşitli uygulamalarıyla dikkat çekmektedir. Bu özel araç başlangıçta yüksek çözünürlüklü 3D modellerin şekillendirilmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. ZBrush'ın ortaya çıkışı

öncesinde, sanatçılar karmaşık yazılımlarla uğraşarak model oluşturma sürecini zorlaştırmakta ve hatta bazen imkansız hale getirmekteydiler. ZBrush, geleneksel heykelticilikten esinlenerek sanatçılara tanıtılmıştır. Bu sayede, sanatçılar ZBrush içerisindeki dijital kili gerçek heykel gibi çekebilir, uzatabilir, ezebilir, kazıyabilir ve değiştirebilirler. Bu yeni yaklaşım, 3D modelleme sürecini daha erişilebilir ve yaratıcı kılmıştır (Spencer, 2011).

Yazılım, sanatçıların son üretime hazır her türlü model tasarımını oluşturmaya imkan sağlar. ZBrush, başlangıçta çok fazla yüzey detayına sahip organik figürlerin oluşturulması için kullanıldığı bilinse de, aynı zamanda araçlar, silahlar gibi diğer nesnelere oluşturmak için de oldukça uygundur. Bu araç, geleneksel modelleme yazılımlarından farklı bir yaklaşımla, tek tek çokgenleri manipüle etmeye gerek olmadan 3D modellemeyi mümkün kılar.

ZBrush, 3D animasyon pipeline akışında önemli bir devrim yaratmıştır. Önceden, 3D animatörler genellikle karakterlerin düşük çözünürlüklü bir versiyonunu başka bir 3D pakette oluşturmalarıydı. Bu düşük çözünürlüklü modele "temel ağ" denilir ve animasyon için bu temel model kullanılırdı. Ancak ZBrush, sanatçıların karakter tasarımlarını baştan sona yaratmalarına olanak tanıyarak bu akışı değiştirmiştir. Sanatçılar, ideal karakterlerini ZBrush'da şekillendirebilir ve detaylı pipeline sürecinin temelini oluşturabilirler.

Örneğin, ZBrush'tan farklı olarak, bazı 3D programlarda sanatçılar, doku oluşturmadan önce modellerini bitirmek zorundadır. Bu sürecin dezavantajı, modelin sonradan değiştirilmesi gerektiğinde, genellikle boya çalışmasının doğru şekilde yapılmamasına yol açmasıdır. ZBrush ise hiçbir bilgi kaybetmeden, sanatçıların çalışma modları arasında serbestçe hareket etmelerini sağlar (<https://www.3dmadmax.com>, 2023).



Görsel 20.Zbrush arayüzü ve Brush'lar(Fırçalar).



Görsel 21. At modeli, Muhammed Said Şen,2020.

ZBrush'ın kullanım amaçları, yüksek çözünürlüklü 3D modeller oluşturmak için film, video oyunları ve özel efektler alanlarında kullanılmaktadır. Ayrıca, ZBrush, profesyonel film ve video oyun stüdyoları tarafından dünya genelinde yaygın bir şekilde tercih edilen bir araçtır. ZBrush sanatçıları, yüksek seviye 3D animasyon ve efektlerin ihtiyaç duyulduğu yerlerde çalışmaktadır (Spencer, 2011). PC ve yeni nesil konsollar üzerindeki çoğu yüksek bütçeli oyun (AAA oyun), animasyon pipeline süreçlerinde ZBrush kullanılmaktadır. ZBrush'un kullanımı sayesinde günümüz oyun stüdyoları ikincil karakterlere daha fazla detay ekleyebilir ve geliştirme süresini uzatmadan ayrıntılı oyun dünyaları oluşturabilir. Örneğin, "God of War (Savaş

Tanrısı)" ve "Assassin's Creed" gibi oyunlarının pipeline süreçlerinde ZBrush kullanılmıştır. FZD Tasarım Okulu, dünyanın en iyi konsept sanat okullarından biri olarak kabul edilir ve öğrencilere konsept sanatı eğitimi verirken sadece Photoshop ve ZBrush gibi yazılımları kullanma fırsatı sunar. FZD'den eğlence sanat derecesi alan mezunlar, genellikle sadece bu iki programı kullanarak çalışırlar. Bu durum, bu yazılımların oyun dünyasındaki büyük etkisini göstermektedir.

Ayrıca, ZBrush film stüdyoları arasında da büyük popülerlik kazanmış ve özel efektlerde devrim yaratmış bir akademi ödülü kazanmıştır. ZBrush, 2D resim ve 3D heykel araçlarını son teknoloji ile birleştiren mükemmel bir araçtır. Gerçek dünyadaki nesnelere taklit etmek için özel olarak tasarlanmış fırçaları ve dinamik modelleme araçları gibi özelliklerle donatılmıştır. Bu nedenle, ZBrush'un neden bu kadar popüler olduğunu anlamak oldukça kolaydır (<https://www.3dmax.com>, 2021).

3.BÖLÜM

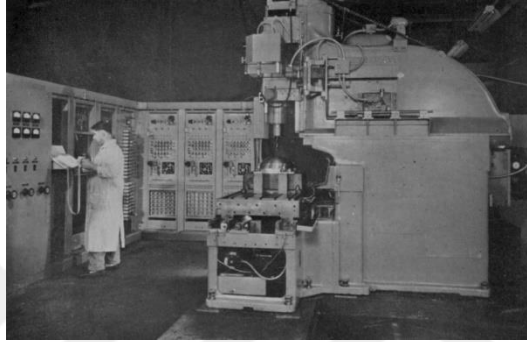
3.BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM

Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ), bilgisayar tabanlı sistemlerin kullanıldığı üretim süreçlerini ifade eder. BDÜ, tasarım, üretim planlaması, malzeme yönetimi ve kalite kontrol gibi alanlarda kullanılır. BDÜ'nün tarihi, bilgisayar teknolojisinin gelişimiyle paralel ilerlemiştir. CNC makineleri, CAD yazılımları ve ERP sistemleri gibi araçlar BDÜ'nün gelişimine katkı sağlamıştır. Son yıllarda, yapay zeka ve IoT gibi teknolojiler BDÜ'yü daha akıllı hale getirerek verimlilik ve sürdürülebilirlik sağlamıştır. BDÜ, günümüzde modern üretim süreçlerinin önemli bir parçası olduğu söylenebilir.

3.1 Bilgisayar Destekli Üretim Tarihi

Bilgisayar destekli üretimin ilk örneği, 1946 yılında John T. Parsons tarafından geliştirilen bir uçak kanadı üretim sistemidir. Bu sistem, uçak kanatlarının yumuşak şekillerini işlemek için özel olarak tasarlanmış bir freze tezgahı kullanmaktadır. Amerikan Hava Kuvvetleri, Parsons'ın geliştirdiği bu sistemi gözlemleyerek, Massachusetts Institute of Technology (MIT)'deki araştırmacılarla birlikte daha da geliştirmişlerdir. Sonuç olarak ortaya çıkan bu freze tezgahı, bilgisayar destekli üretim teknolojisinin temelini oluşturan bir örnektir(en.wikipedia.org, 2023)(Görsel). Ardından DeLaval Steam Turbine Company'den Alexander Hammer, 1950'de bir delikli kart okuyucu tarafından kontrol edilen matkapla katı bir metal bloktan türbin kanatlarını kademeli olarak

delmek için bir teknik icat etti(en.wikipedia.org, 2023). CNC tezgahlarının üretimi, 1960'lı yıllarda bilgisayarların gelişmesi ve üretimde başarılı bir şekilde kullanılan nümerik kontrol teknolojisiyle başlamıştır. Bu teknolojinin başlangıcı, Parsons Corporation şirketi ve Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından yapılan bir ortak çalışma ile gerçekleşmiştir. İlk olarak radyal uçak motoru piston kollarının işlenmesinde kullanılan bir freze tezgahı olan Cincinnatti-Hydrotel, delikli bir kâğıt üzerinde bulunan kod yardımıyla yapılan uygulamada başarılı sonuçlar elde etmiştir(www.turkcadcam.net, 2023).



Görsel 22.Radyal uçak motoru piston kollarının işlenmesinde kullanılan bir freze tezgahı olan Cincinnatti-Hydrotel

Çalışmaların zaman içinde artması ve üretim teknolojisinin gelişmesi sürekli bir ilerleme kaydetmektedir. Günümüzde, havacılık, otomotiv ve diğer birçok sektörde yedek parça üretimi, makine imalatı, kalıp üretimi gibi farklı aşamalarda CAM (Bilgisayar Destekli Üretim) teknolojileri kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin yaygınlaşmasının temel nedeni, işletmelere sağladığı avantajlardır. Bilgisayar destekli üretim teknolojileri endüstride üretim süreçlerine dahil olmuş, iş gücünü azaltarak üretim sürecini kısaltıp verimliliği artırarak düşen maliyetlerle daha kaliteli ürün ve hizmet sunma imkanı sağlamaktadır. Bilgisayar destekli üretim yöntemleri, bilgisayarlı nümerik kontrol teknolojisi (CNC) ve hızlı prototipleme (RP) teknolojisi olarak iki ayrılır. Bu iki sistem arasındaki temel fark, CNC teknolojisinde malzeme eksiltmeli üretim prensibiyle şekillendirilirken, hızlı prototipleme yöntemlerinde ise malzeme eklemeli üretim prensibiyle katman katman oluşturularak şekillenmektedir.

3.1.1. Eksiltmeli Üretim

Eksiltmeli imalatta, katı bir blok veya tabakadan malzeme kademeli olarak çıkarılarak nesnel oluşturulur. Malzeme, kesme, delme, delme veya taşlama yoluyla başlangıç malzemesinden çıkarılır. Bu işlemler manuel olarak gerçekleştirilebilse de, daha yaygın olarak bilgisayar sayısal kontrolü kullanılarak

gerçekleştirilir. Günümüzde en popüler eksiltmeli imalat süreci CNC işlemedir (Türkel, 2008, ss. 79-81).

CNC işlemede, bilgisayarla sayısal olarak kontrol edilen bir kesici alet, bir geometri elde etmek için malzemeyi mekanik olarak kaldırır. İşlenecek bir model tasarlamak için CAD kullanımını ve ayrıca CNC makinesine malzeme kaldırma işleminin tam olarak nasıl yapılacağı konusunda talimat vermek için CAM kullanımını içerir. 3B modellere göre malzeme kaldırma ile ilgili üç ana işleme süreci vardır: tormalama, delme ve frezeleme. Diğer eksiltmeli üretim süreçleri, lazer kesim, su jeti ile kesim, elektrik deşarjlı işleme ve plazma kesimdir. Bu yöntemler esas olarak 2B işleme için kullanılır (xometry.eu, 2023).

Eksiltmeli üretimin avantajları şu şekildedir: Metaller, plastikler ve plastik kompozitler ve hatta ahşap dahil olmak üzere çok çeşitli malzemeler için geçerlidir. Düz yüzey, delikler, silindirler, vida dişi, yuvalar vb. gibi hemen hemen her türlü geometriyi elde etmek için kullanılabilir. Yaklaşık 0,025 mm'lik yakın toleransla yüksek doğruluk üretebilir. Pürüzsüz yüzey kalitesi elde edilebilir.

3.1.2. Eklemeli Üretim

Eklemeli üretim (Additive Manufacturing), eksiltmeli üretim yöntemlerinden farklı bir şekilde, toz, plastik, reçine gibi çeşitli malzemelerin katmanlar halinde birleştirilerek fiziksel bir objeye dönüştürüldüğü bir şekillendirme sürecidir. Bu yöntem, genellikle üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla gerçekleştirilen üretimi, hızlı prototipleme (rapid prototyping), hızlı üretim (rapid manufacturing) ve üç boyutlu baskı gibi terimlerle ifade edilmektedir (Deniz Isiktas, 2018, s. 1197).

Üç boyutlu baskı teknolojileri, birçok farklı üretim yöntemini bünyesinde barındırarak dijital ortamda oluşturulan üç boyutlu modelleri somut nesnelere kolaylıkla dönüştüren bir üretim sistemidir. Bu teknoloji, CAD yazılımları aracılığıyla tasarlanan üç boyutlu modelleri kullanarak objelerin üretimini gerçekleştirir. Üç boyutlu baskının temel mantığı eklemeli üretimdir ve eksiltmeli işlemlerin, CNC frezeleme, tormalama, delme gibi yöntemlerin tersini uygular. Eksiltmeli üretimde, blok halindeki bir malzeme kazınarak veya kesilerek parçalar elde edilirken, üç boyutlu baskı yönteminde tasarlanan obje katman katman oluşturularak malzeme her katmanda üst üste eklenerek şekillendirilir. Bu şekilde obje tamamlanana kadar malzeme sürekli olarak biriktirilerek üretim gerçekleştirilir (Sürmen, 2019, s. 374). Üretilmesi planlanan üç boyutlu modelin işleme tabi tutulmadan önce belirli adımlardan geçmesi gerekmektedir. İlk olarak,

model eklemeli üretimde yaygın olarak kullanılan STL dosya formatına dönüştürülür. Ardından, ilgili yazılımlar kullanılarak modelin boyutu, şekli, üretim alanına yerleşimi ve gerektiğinde destek yapılarının oluşturulması gibi ayarlamalar yapılır. Son olarak, ürün katmanlarına ayrıştırılarak baskı süreci için cihaza gönderilir. Bu adımlar, modelin optimize edilmesi ve baskı sürecinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için önemlidir(Özsoy & Duman, 2017, s. 38).

Eklemeli üretim yöntemi, malzemenin ürünün katmanlarını bir araya getirerek yığın oluşturmasını sağlar ve bu süreçte malzeme israfı minimum seviyeye indirilir. Bu nedenle, eklemeli üretim ile nesnelere daha az malzeme kullanılarak üretilir. Aynı zamanda, üretim sürecinde daha az atık ortaya çıkar. Bu faktörler, eklemeli üretiminin ekonomik ve sürdürülebilir bir seçenek olmasına katkıda bulunmaktadır. Bugün birçok alanda kullanılan eklemeli üretim teknolojileri, karmaşık ürünlerin daha kolay, daha hızlı ve düşük maliyetlerle üretimini mümkün kılmaktadır.

Stereolitografi (SLA), Eriyik Yığarak Modelleme (FDM), Seçici Lazer Sinterleme (SLS) gibi yöntemler, yaygın olarak kullanılan eklemeli üretim yöntemleridir. Bu teknolojilerle, sıvı reçine, polimer ve metal tozları gibi malzemeler kullanılarak üç boyutlu fiziksel objelerin üretimi gerçekleştirilebilir(Özsoy & Duman, 2017, s. 38).

3.2. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi

Üç boyutlu yazıcılar, bilgisayar destekli tasarım programlarıyla oluşturulan modellerin çeşitli malzemelerle fiziksel nesnelere dönüştürülmesini sağlayan cihazlardır. Bu teknoloji, endüstriyel tasarım, mimari, otomotiv, inşaat, tıp, moda gibi birçok alanda hem prototip üretimi hem de nihai ürün üretiminde kullanılmaktadır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin ilk örnekleri 1970'li yıllarda görülmüştür. 1986 yılında Charles Hull tarafından patenti alınan bu teknoloji, o zamandan beri sürekli olarak gelişim göstermiştir. Yeni nesil üretim teknolojisi, dijital yöntemlerle amaçlanan üç boyutlu nesnelere üretimini mümkün kılar. Bu teknoloji sayesinde, polimerler, plastikler, metaller, reçineler, seramikler gibi farklı malzemeler kullanılarak, geleneksel imalat yöntemleriyle üretilemeyen karmaşık geometrilere sahip nesnelere üretmek mümkün hale gelir(Martinez & Can, 2016, s. 4).

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) terimleri, üç boyutlu baskı süreçlerini ifade etmektedir. CAD, bilgisayar tabanlı

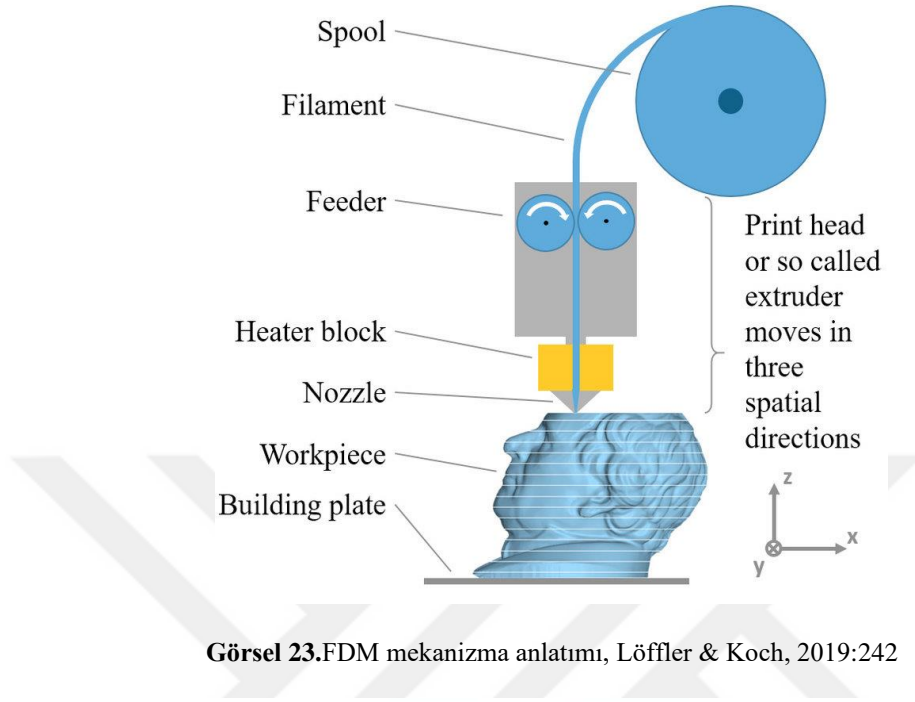
tasarım programlarının kullanıldığı bir süreçtir ve üç boyutlu modellerin dijital olarak oluşturulmasını sağlar. Bu programlar, nesnelerin boyutları, şekilleri, detayları ve diğer özellikleri hakkında ayrıntılı bilgileri içerir (Deniz Isiktas, 2018, s. 1197). CAM ise, üç boyutlu modellerin üretim sürecine dönüştürülmesini ifade eder. Bu aşamada, CAD modelinden elde edilen veriler, üretim makinelerinin kontrol edilebilmesi için kullanılır. Üç boyutlu baskı süreçlerinde, CAM programları, katman katman nesnenin üretimini kontrol etmek için gerekli talimatları oluşturur. Bu talimatlar, 3D yazıcı veya diğer üretim makineleri tarafından kullanılarak fiziksel nesnenin oluşturulmasını sağlar. CAD ve CAM, üç boyutlu baskı sürecinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinde önemli rol oynayan temel bileşenlerdir. CAD tasarımı, nesnenin dijital modelinin oluşturulmasına ve düzenlenmesine olanak tanıırken, CAM yöntemi, bu modelin fiziksel olarak üretilmesi için gerekli talimatları sağlar.

3.3. Üç Boyutlu Yazıcı ile Seramik Model Prototiplerinin Yapımı

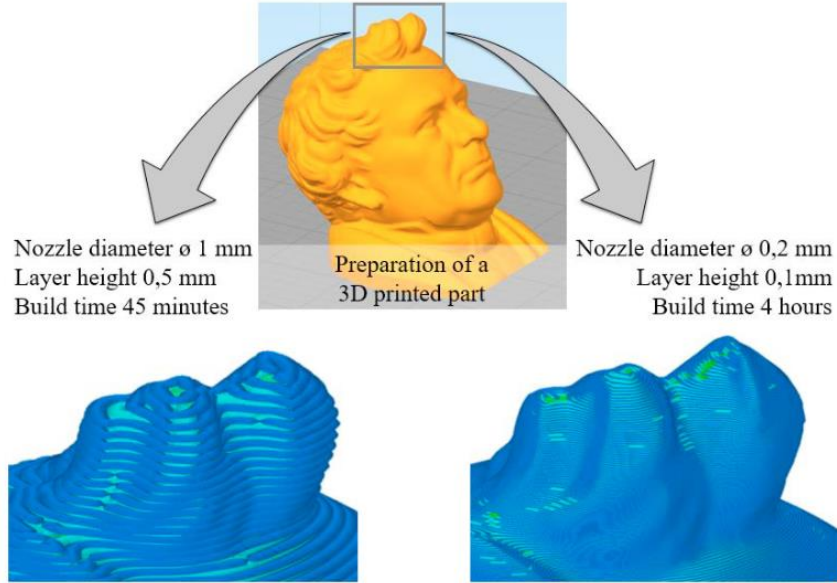
Bu bölümde Tez çalışmasında yapılacak uygulamalar için FDM tipi bir üç boyutlu yazıcı tercih edilmiştir, FDM hakkında bilgi verilip, baskı esnasında kullanılan hammadde seçimi hakkında bilgi verilecektir. Şahsi kullanımlarımda karşılaştığım sorunlardan ve çözümlerinden bahsedilecektir.

Eriyik yığarak modelleme teknolojisi (fused deposition modeling –FDM)

Günümüz endüstriyel gelişmeleri sırasında, "Hızlı Prototipleme" veya "Katmanlı Üretim" endüstrisi giderek daha fazla önem kazanmakta ve gelecek için umut verici bir sektör olarak görülmektedir. Bu tür üretim, karmaşık bileşenlerin üç boyutlu CAD (bilgisayar destekli tasarım) verilerinden doğrudan hızlı ve verimli bir şekilde üretilmesini sağlar. Örneğin, tek bir parça veya büyük bir seri üretilmesi fark etmez. Bu üretim teknolojisi, prototipler oluşturmak için özellikle ilginç olduğu için bu alanda dikkat çekmektedir. Bugün en yaygın kullanılan katmanlı üretim yöntemi "Fused Deposition Modeling" (FDM) veya "Fused Filament Fabrication" (FFF) olarak da bilinir. Bu süreçte, parça katman katman bir termoplastik malzemeden inşa edilir. Filament, baskı kafasında eritilir ve baskı yatağına yüksek viskoziteli bir çizgi olarak yerleştirilir (Şekil 1'e bakınız). Besleyici açılıp kapatılabilir, bu da kısmi malzeme uygulamasını mümkün kılar. Katmanlar x ve y yönlü olarak uygulanır ve z yönünde üst üste konur, böylece yeni katmanlar mevcut olanlarla birleşir. Basılan parça aktif olarak soğutulduğunda, çıkan filament hemen sertleşir ve bir sonraki katman uygulanabilir hale gelir (Löffler & Koch, 2019, s. 242).



Görsel 23.FDM mekanizma anlatımı, Löffler & Koch, 2019:242



Görsel 24.Nozzle çözünürlük anlatımı, Löffler & Koch, 2019:242

FDM sürecinde, parçaların baskı çözünürlüğü ile baskı hızı arasında her zaman bir çelişki bulunur. Baskı çözünürlüğü, nozul çapı ve belirlenen katman yüksekliği tarafından belirlenir. Eğer katman yüksekliği nozul çapına göre çok yüksekse, basılan çizgi kopar ve baskı yatağına veya önceden uygulanan katmana yapışmaz. Düşük bir katman yüksekliği ve büyük bir nozul çapıyla ise malzemenin hassas dozajlamasıyla ilgili sorunlar ortaya çıkar. Bu nedenle, bu iki baskı

parametresi arasında dolaylı bir ilişki vardır(Löffler & Koch, 2019, s. 242). Daha yüksek bir baskı çözünürlüğü elde etmek için daha ince katman yükseklikleri kullanılmalıdır. Bu, daha fazla detay ve pürüzsüz bir yüzey sağlar. Ancak daha ince katmanlar daha uzun baskı süresi gerektirir ve baskı hızını düşürebilir. Ayrıca, ince katmanlarla çalışırken malzeme dozajı konusunda daha hassas olunmalıdır. Daha hızlı bir baskı hızı elde etmek için ise daha kalın katman yükseklikleri ve daha büyük nozul çapları kullanılabilir. Bu, baskı süresini kısaltırken baskı hızını artırır. Ancak daha kalın katmanlar ve büyük nozullar, baskı çözünürlüğünü düşürebilir ve daha az detaylı sonuçlar verebilir. Bu nedenle, FDM baskıda baskı çözünürlüğü ve baskı hızı arasında bir denge bulunması gerekmektedir. İstenen sonuca ve tasarıma bağlı olarak, optimal baskı parametreleri ayarlanmalı ve denemeler yapılarak en iyi dengeyi sağlamak önemlidir.

Bir iş parçasının yüksek baskı çözünürlüğü yalnızca küçük bir nozul çapıyla elde edilebilir. Küçük bir nozul açıklığı için 0.1 mm ile 0.4 mm çap aralığı yaygındır. Buna karşılık, daha az detay içeren parçalar için büyük nozul açıklıkları kullanılabilir. Büyük nozul açıklıkları genellikle 0.5 mm ile 2 mm arasındadır. İnce bir nozul ile yalnızca daha düşük katman yükseklikleri elde edilebilir ve ek olarak daha fazla çizgi gerektirir, bu da yapım süresinin üstel olarak artmasına neden olur. Bu, baskı süresi ile iş parçasının baskı çözünürlüğü arasında bir çelişkiye yol açar (Şekil 2'ye bakınız)(Löffler & Koch, 2019, s. 243).

Günümüzde dijital üretim teknolojisi, 3D baskı veya montaj üretimi olarak da adlandırılan, geometrik temsillerden fiziksel nesnelerin oluşturulması için sürekli katman eklemeyi içeren bir süreç olarak kabul edilmektedir. Fused Deposition Modeling (FDM) 3D yazıcılar, FDM filamentler kullanılarak katman katman birleştirme yöntemiyle çalışmaktadır. Polilaktik asit (PLA), akrilonitril bütadien stiren (ABS), polietilen tereftalat (PET), polietilen tereftalat glikol (PETG), termoplastik poliüretan (TPU), polikarbonat (PC), naylon, akrilonitril stiren akrilat (ASA) ve polieterekimid (PEI) gibi yaygın olarak kullanılan FDM filamentleri bulunmaktadır(Maity vd., 2023). FDM filamenti, mukavemet, sıcaklık direnci, görsel kalite, darbe dayanımı, aşınma ve kimyasal direnç, esneklik gibi çeşitli işlem parametrelerinin ayarlanabilmesine olanak sağlar. Bu nedenle, istenen nesneyi oluşturmak için en uygun filamentin seçimi karmaşık bir süreç olabilir.

Eriyik yığarak modelleme yöntemiyle çalışan 3D yazıcılar en çok kullanılan yazıcı modelleridir. Diğer 3D yazıcılara kıyasla daha ekonomik, erişilebilir ve kullanımı pratiktir. Bu yöntemde yaygın olarak PLA ve ABS olarak adlandırılan filament türleri tercih edilir. Bahsi geçen filament türleri diğer plastiklere göre daha

yüksek mukavemete sahiptir. ABS, petrol bazlı bir malzemedir, oysa PLA organik bileşenlerden oluşur ve çevre dostu bir malzeme olarak kabul edilir(Kayalıoğlu, 2020, s. 39).

Prototiplerde kullanım kolaylığı ve erime sıcaklığının düşük olmasından dolayı polilaktik asit (PLA) türü baskı malzemesi kullanılacaktır.

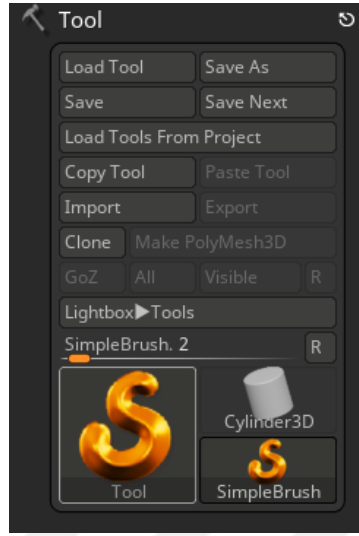
4.BÖLÜM

4.KUBAD ABAD SARAY ÇİNİLERİNİN YENİDEN YORUMLANMASI VE BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM İLE YAPILAN UYGULAMALAR

Bölümün içeriği; birinci bölümde bahsedilen Kubad Abad Sarayı çinilerinde bulunan on farklı hayvan figürünün bilgisayar destekli programlar kullanılarak yeniden üretilmesini ele almaktadır. İkinci bölümde ise heykel (Sculpt) modelleme programlarından Zbrush ve yardımcı program olarak Cura kullanılacaktır. Zbrush ile üretilen modeller, Cura yazılımı yardımı ile üç boyutlu yazıcı tarafından üretilecek ve endüstriyel seramik yöntemleriyle alçı kalıpları alınarak iki farklı Kubad Abad serisinin oluşturulması hedeflenmektedir. Bu serilere "Rölyef" ve "Low Poly" adları verilmiştir. Bu bölümün anlatım biçimi, Zbrush programını kullanmayı bilmeyen biri için rehber olabilmesini amaçlamaktadır.

Figürlerin orijinal hatları bozulmadan üç boyutlu bir biçim alması hedeflenmektedir ve uygulama süreci boyunca odak noktası hayvan figürleridir. Bu nedenle, ilk olarak kabartmalar üzerinde çalışılacak zemini modellemekle başlanacaktır. Zbrush programı açıldığında ekranın sağ tarafında "Tool" menüsüyle karşılaşılır. "Tool" menüsü, temel nesnelere ve kullanıcıların kaydettiği .ztl uzantılı dosyaları kullanma olanağı sağlar.

4.1. Ürün Tasarımlarının Süreci



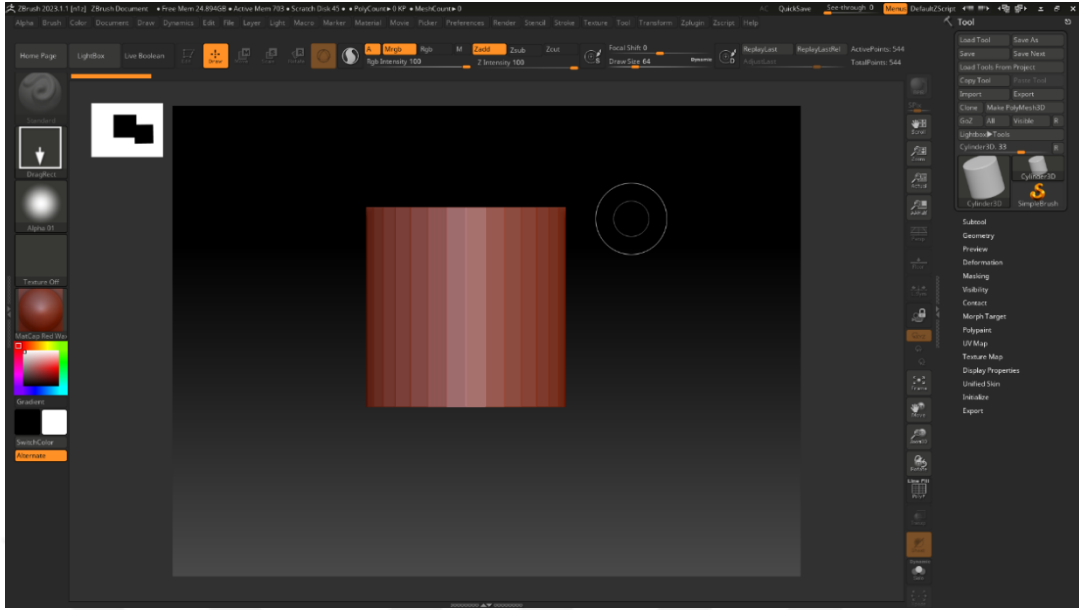
Görsel 25.Zbrush Tool menüsü.



Görsel 26.Zbrush Tool menüsü obje seçim ekranı.

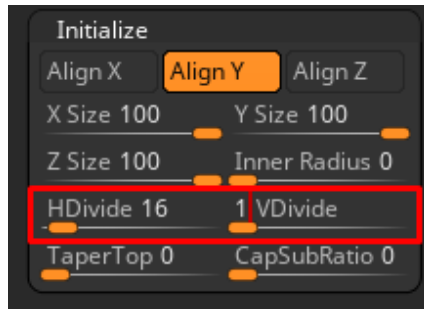
Zbrush programının "Tool" menüsü üzerinden ihtiyaca en uygun üç boyutlu temel nesne seçilerek uygulamaya başlanır.

Cylinder3D.ztl kabartmaları üzerinde çalışılacak zemin için en uygun seçim olacaktır. Bu üç boyutlu nesne, sahneye yerleştirilirken klavyeden "Shift" tuşuna basılı tutularak sürüklendiğinde, sahneye dikey bir biçimde yerleştirilir. "Shift" tuşunun kullanılma amacı, Zbrush programında Simetri komutunun daha doğru bir şekilde çalışabilmesini sağlamaktır.

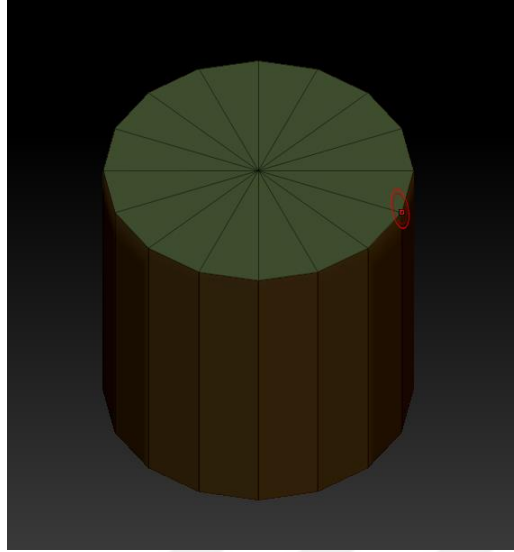


Görsel 27.Zbrush shift komutu ile yerleştirilmiş Cylinder3D

Yerleştirilen Cylinder3D objesi üzerinde daha keskin bir kontrol sağlayabilmek için temel çokgen sayısının değiştirilmesi gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için, "Tool" menüsü altında bulunan "Initialize" menüsünden ihtiyaç duyulan değerleri seçmek gerekmektedir. Örneğin, yıldız çini için sekiz dış köşe ve sekiz iç köşe bulunduğunu düşündüğümüzde, silindirin HDivide değerini 16 ve VDivide değerini 1 olarak düzenlediğimizde, obje üzerinde yapılacak müdahaleler daha kontrollü ve keskin bir şekilde gerçekleştirilecektir.



Görsel 28.Zbrush Initialize menüsü



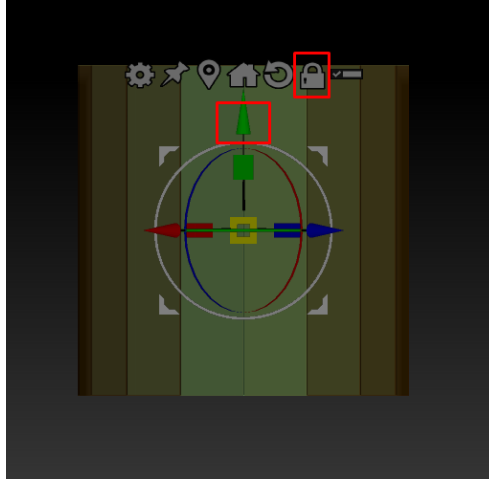
Görsel 29.Zbrush Initialize menüsü ile düzenlenmiş Cylinder3D

Objenin istenilen değerlere uygun ve düzenlemeye hazır olduğundan emin olduğunda, "Tool" menüsü üzerinden "Make PolyMesh3D" komutu kullanılır. Bu komutun kullanılma amacı, obje üzerinde yapılan müdahalelerin kaydını tutmak ve üzerinde çalışılacak projenin dosyasını oluşturmaktır. Ardından, obje üzerinde temel değişiklikler yapabilmek için "Move" menüsünden faydalanılır. Bu menü, objeyi hareket ettirmek, döndürmek ve istenilen ekseninde büyütüp küçültmek gibi işlemleri gerçekleştirmek için olanak tanır.

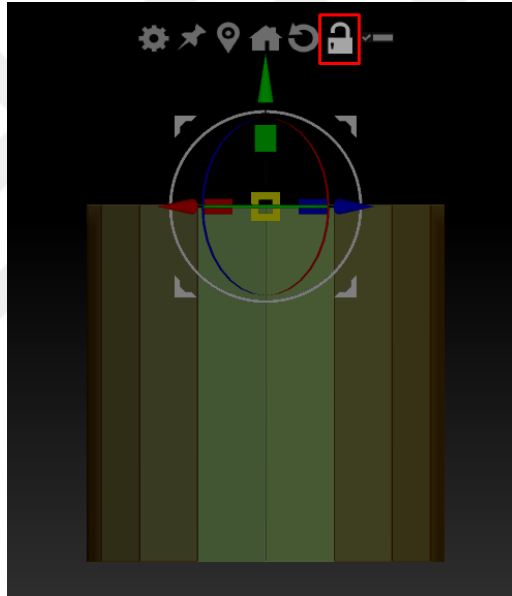


Görsel 30.Zbrush Edit,Draw,Move,Scale,Rotate menüsü.

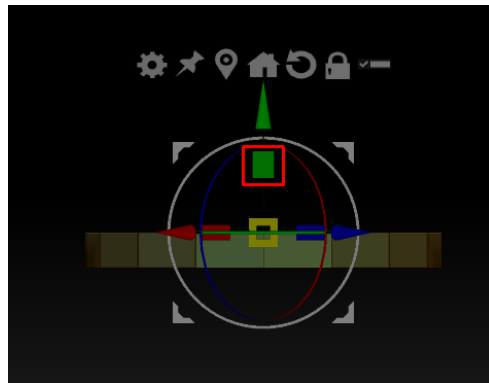
Move seçeneği aktif edildiğinde, obje üzerinde bir merkez noktası baz alınır ve bu merkez noktasının konumu, klavye üzerinden "Alt" tuşuna basılarak kolaylıkla değiştirilebilir. Move ve Scale seçenekleri, merkez noktasının konumunu referans alır ve obje üzerinde yapılacak değişiklikler bu merkez noktaya göre gerçekleştirilir.



Görsel 31.Zbrush Move,Scale,Rotate kullanımı.

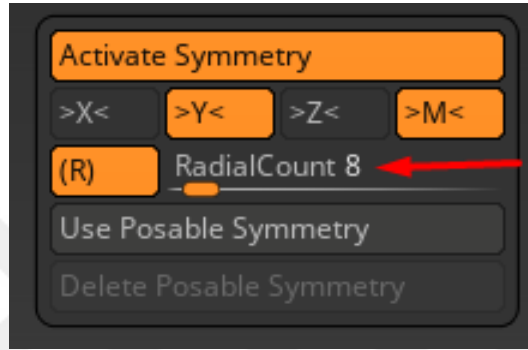


Görsel 32.Zbrush Move,Scale,Rotate kullanımı.

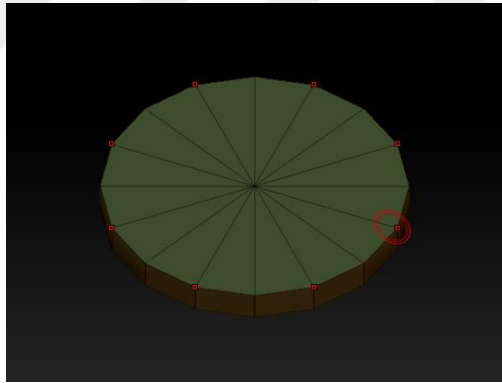


Görsel 33.Zbrush Move,Scale,Rotate kullanımı.

Silindir, istenilen yüksekliğe getirildiğinde "Transform" menüsü altında bulunan "Activate Symmetry" seçeneği aktif edilir. "Activate Symmetry," obje üzerinde eş zamanlı olarak birden fazla işlemin aynı anda yapılmasına olanak tanır. Objenin çalışılması istenilen yüzeyi Y eksenine üzerine yerleştirildiği için "Y" seçeneği aktif edilir. Ayrıca, objenin istenilen şekli sekiz köşeli bir yıldız olduğundan "R" seçeneği de aynı anda aktif edilerek dairesel bir biçimde Y ekseninde çalışma olanağı sağlar. "R" seçeneğine sekiz değeri girilerek aynı anda sekiz köşeye de müdahale etmek mümkün olur.

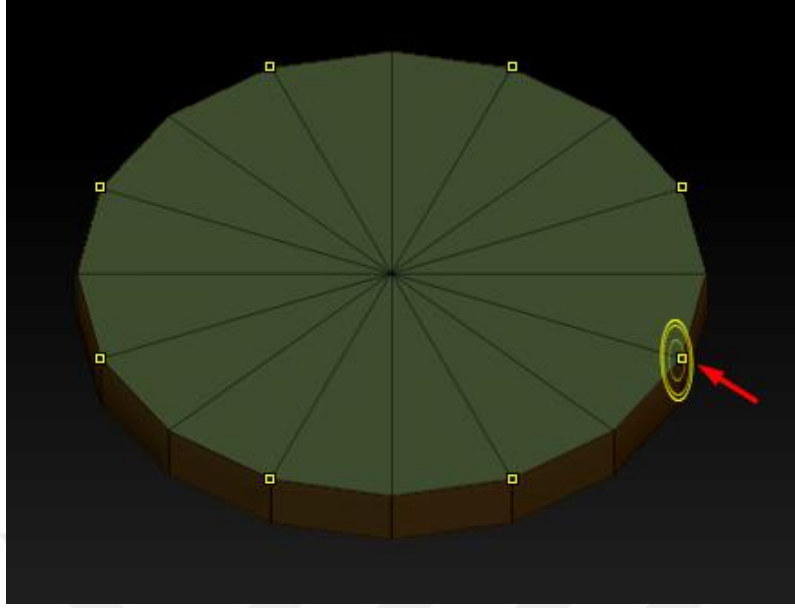


Görsel 34.Zbrush Activate Symmetry menüsü.



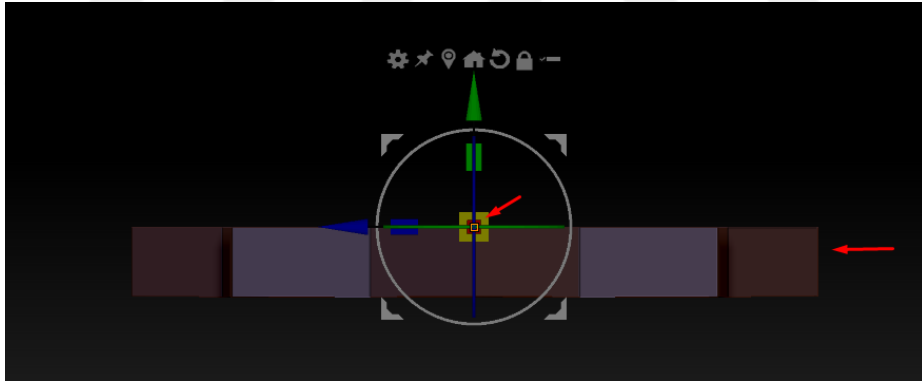
Görsel 35.Zbrush Activate Symmetry kullanımı.

Objeye yıldız formu verilebilmesi için, Mask Brush kullanılarak istenilen noktalara müdahale edilmesi engellenir. Mask Brush, Zbrush programında en çok kullanılan fırça komutlarından biri olduğu için Ctrl kısa yoluyla kolayca kullanılabilir. Objeye üzerinde deformasyona uğramaması istenilen yüzeylerde kullanılması tercih edilirken, aynı zamanda bir fırça gibi esnek bir şekilde kullanılabilir.

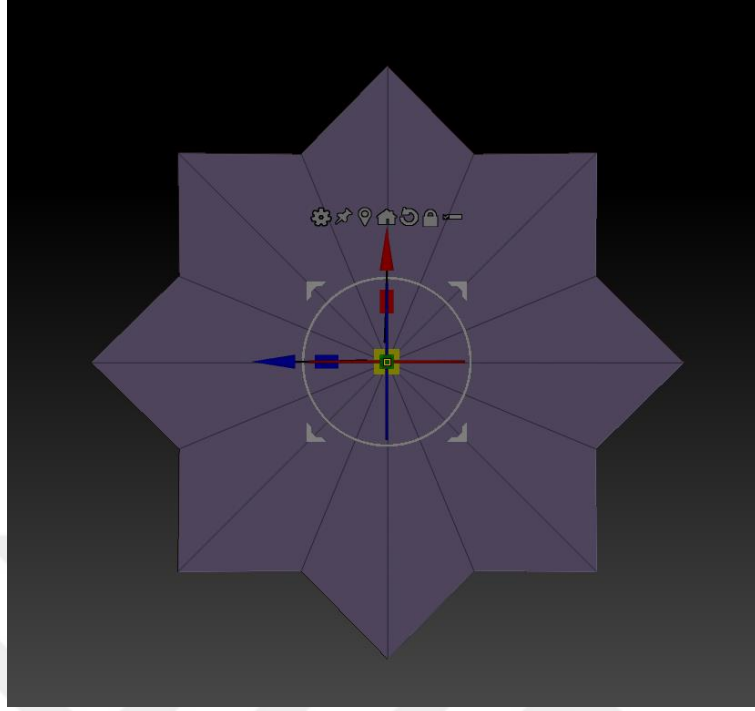


Görsel 36.Zbrush Mask Brush kullanımı.

Mask Brush ile yüzeyler işaretlendikten sonra, Move aracı kullanılarak X ekseni üzerinde istenilen müdahaleler yapılır ve objeye yıldız formu verilir.

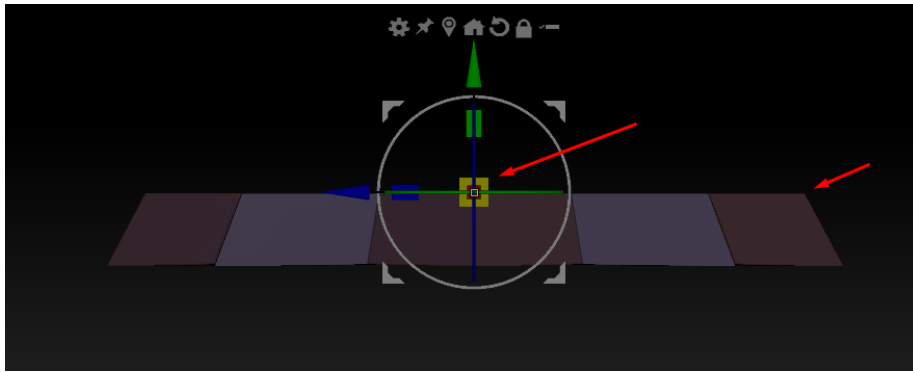


Görsel 37.Zbrush Mask uygulanmış yüzey üzerinde Move uygulaması.

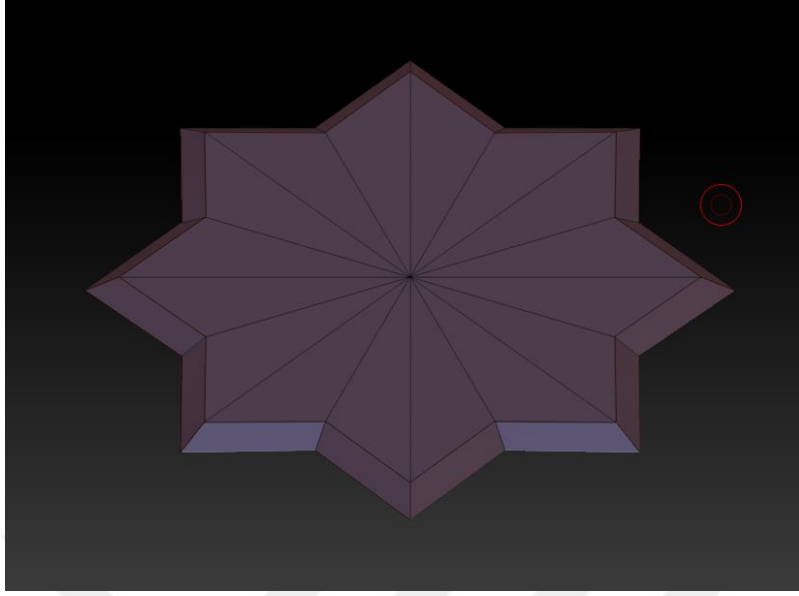


Görsel 38.Zbrush ile oluşturulmuş yıldız çini aşamaları.

Objenin kenarlarına açı verilebilmesi için, önce Move komutu kullanılarak merkez noktası değiştirilir. Ardından, objede sabit kalmasını istenilen yüzey Mask Brush ile maskelenir. Daha sonra tekrar Move komutu kullanılarak obje istenilen ölçülere getirilir.



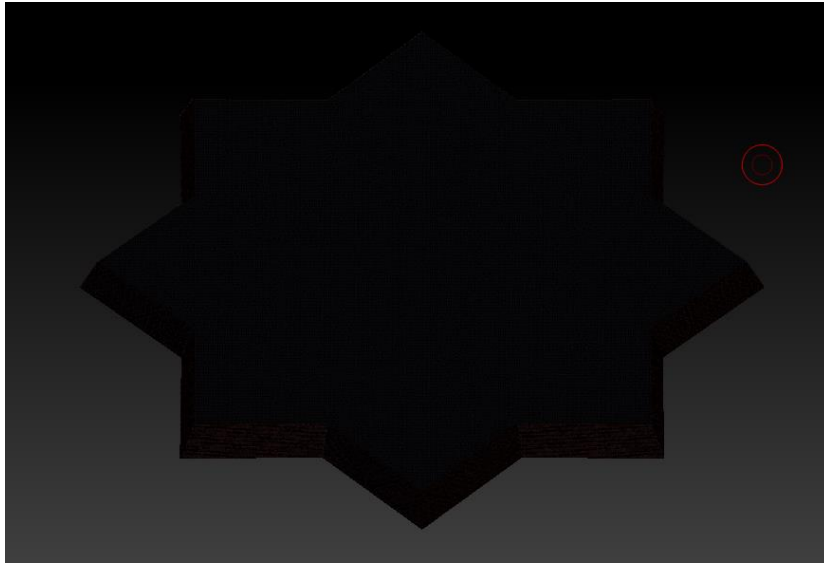
Görsel 39.Zbrush Move komutu kullanılarak obje düzenlemesi.



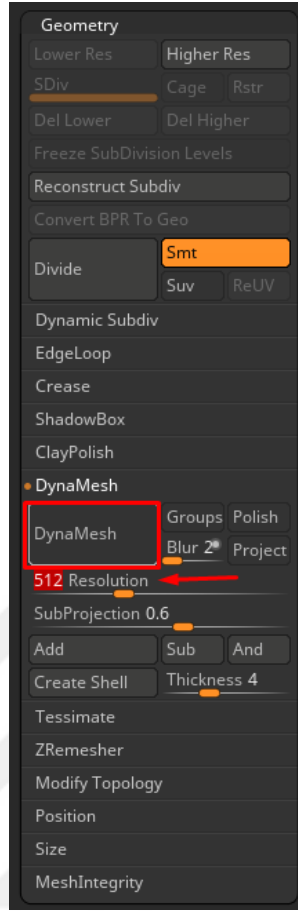
Görsel 40.Zbrush Yıldız çini formu.

Oluşturulan objeler, rölyef ve lowpoly çalışmalarında kullanılmak üzere on adetlik sayıda, "Tool" menüsü altından ztl formatında kaydedilir.

Zbrush, objeler üzerinde yüksek çözünürlükte müdahale etmeye olanak tanır ve objelerin çözünürlüklerini değiştirmeye izin verir. Geometry menüsü altında bulunan DynaMesh aracı, kullanıcının belirlediği çözünürlük miktarına göre objenin temel geometrisini bozmadan çözünürlük seviyesini değiştirir. Resolution barına yeni bir değer girilerek objenin çokgen sayısı, yani çözünürlüğü, değiştirilir.



Görsel 41.Zbrush DynaMesh komutu kullanıldıktan sonra yıldız çini formu.

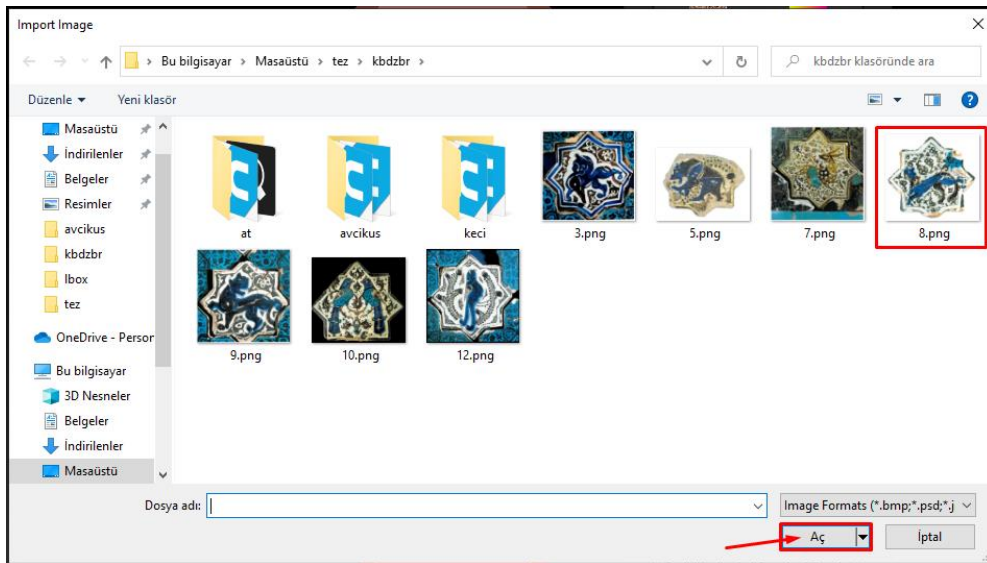


Görsel 42.Zbrush DynaMesh menüsü

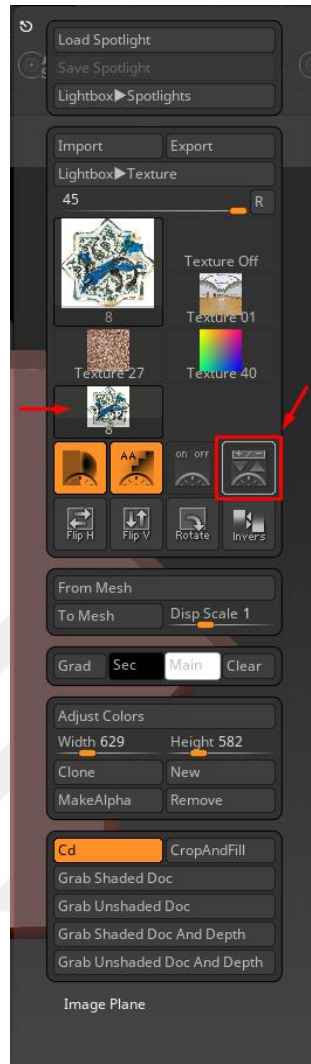
Zbrush, referans olarak kullanılacak resim dosyalarının sahne içerisine aktarılmasına olanak tanır. Diğer üç boyutlu programlardan farklı olarak, aktarılan resimler PolyPaint aracı kullanılarak objenin üzerine resim veya desenin aktarılmasına imkan tanır. Yani objenin resimle boyandığı söylenebilir. Aktarılan desenin Mask Brush ile çalışma mantığı benzer olan "PolyPaint for PolyGroup" seçeneği kullanılarak renkler ayrı ayrı gruplandırılabilir ve üzerlerinde ayrı ayrı çalışmaya izin verir. Bu sayede istenilen alanlar deforme edilebilir, maskelenebilir ve üzerlerinde değişiklikler yapılabilir. Texture menüsü altında bulunan "import" seçeneği kullanılarak istenilen resim dosyası program içerisine aktarılabilir.



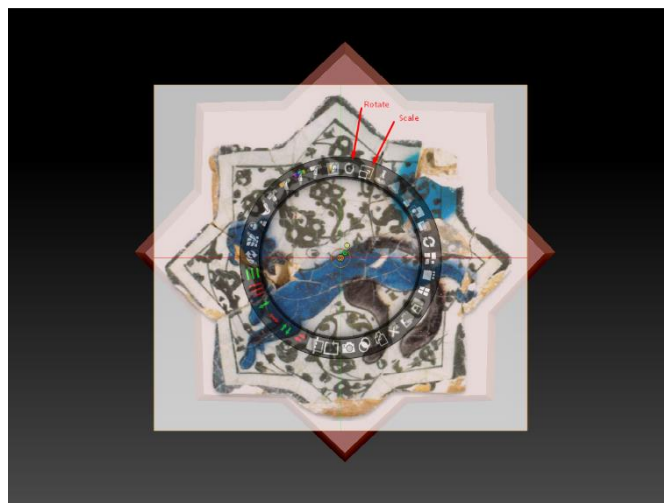
Görsel 43.Zbrush Texture menüsü.



Görsel 44.Zbrush Texture menüsüne resim aktarma.

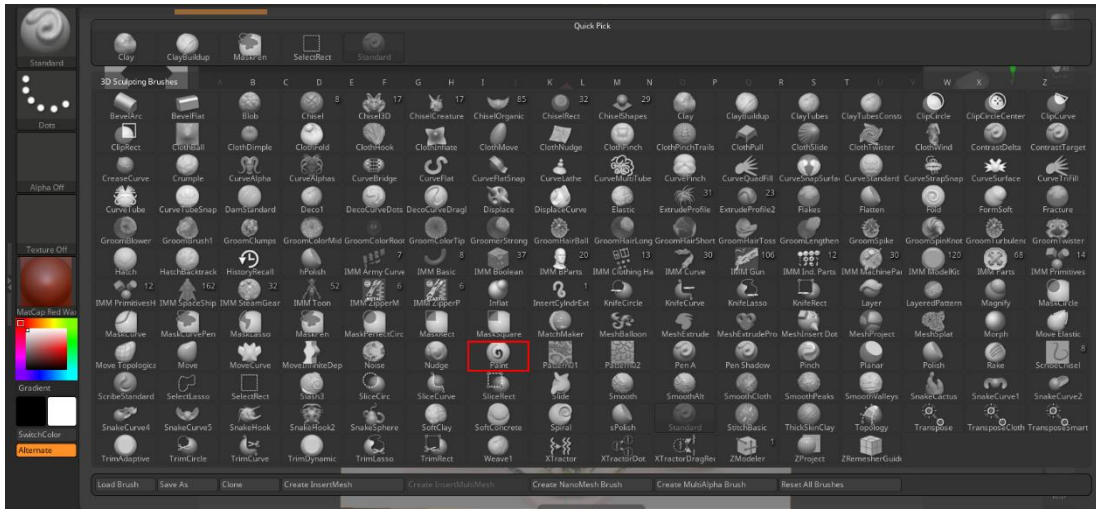


Görsel 45.Zbrush Spotlight kullanımı.

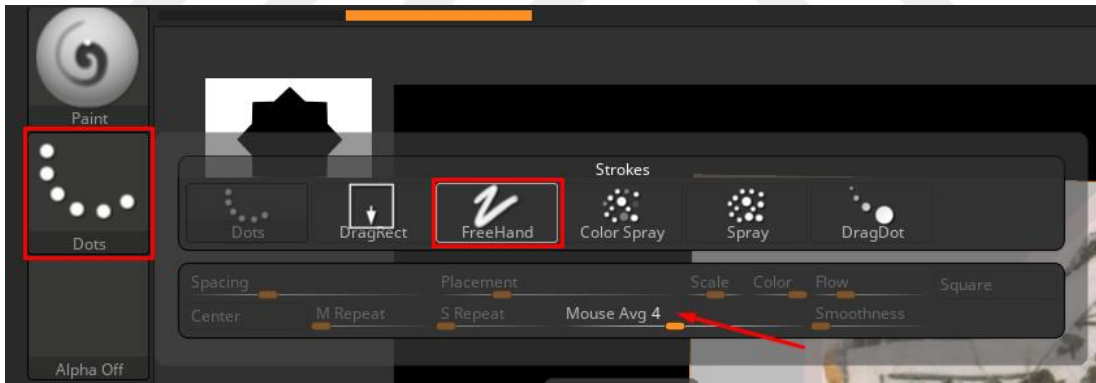


Görsel 46.Zbrush Spotlight menüsü.

Resmin aktarılmasının ardından, Spotlight aracının hareket seçenekleri kullanılarak resim obje üzerine yerleştirilir ve istenilen konum ve ölçüler ayarlanır. Z kısayol tuşu kullanılarak Spotlight menüsü gizlenebilir ve sahne üzerinde müdahale yapılabilir. Paint Brush kullanılarak resim obje üzerine aktarılır ve Spotlight menüsü kapatılır.



Görsel 47.Zbrush brush menüsü.



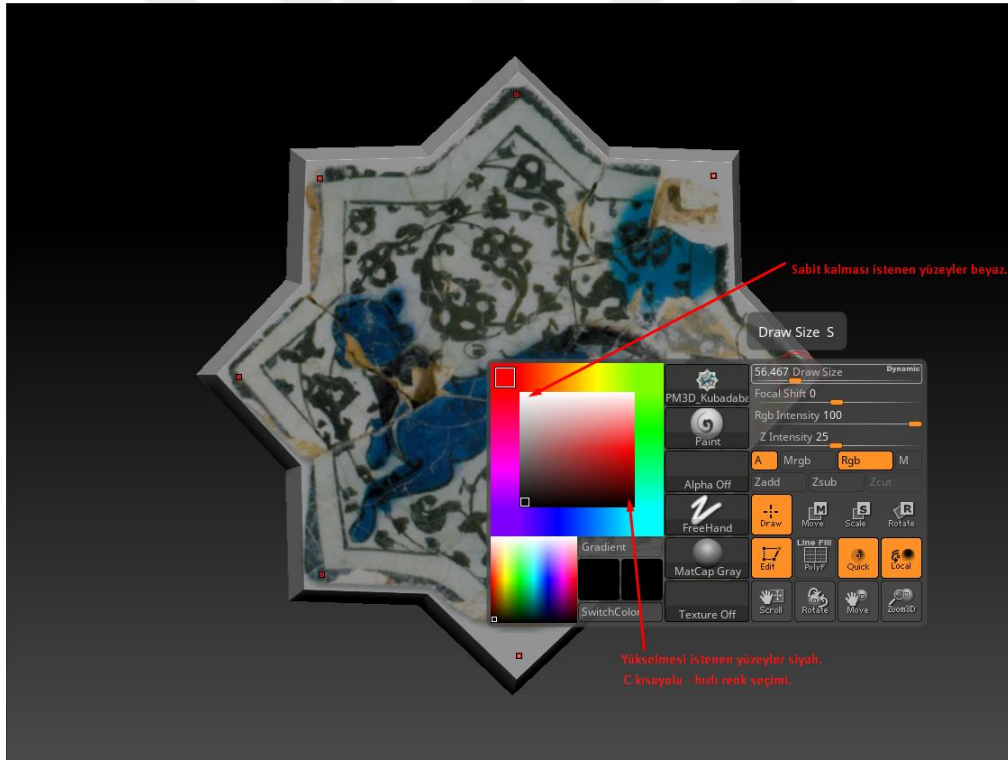
Görsel 48.Zbrush Paint brush ayarları.

Zbrush, üzerinde çalışılan objenin temel rengini değiştirilmesine olanak tanıyan bir programdır. Bu özellik, kullanıcının üzerinde çalıştığı projenin renk hakimiyeti bakımından faydalıdır. Objelerin temel renklerini değiştirmek için Material menüsünden faydalanılır. Material menüsü, programın geliştiricileri tarafından kullanıcılara sunulan farklı temel renk ve derinlik seçeneklerini içerir. Bu Materialler kullanıcılar tarafından değiştirilebilir veya program, kullanıcıların yeni materialler üretmelerine olanak tanır.



Görsel 49.Zbrush Material menüsü.

Çalışmada, ilerleme sürecinde Material menüsü içerisinde bulunan "MatCap Gray" seçeneği kullanılacaktır.



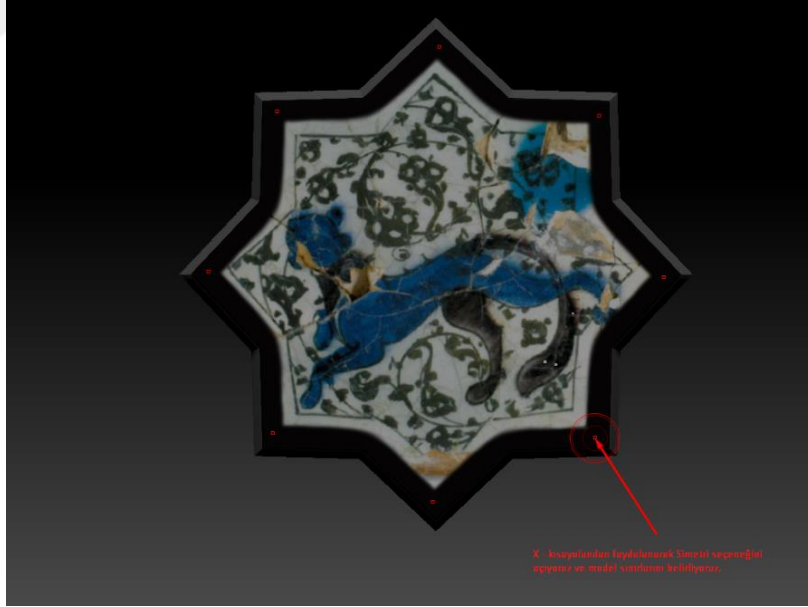
Görsel 50.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

Polypaint for PolyGroup seçeneği, yüzey ne kadar doğru ve keskin renklerle ayrılırsa, o kadar doğru çalışır. Resim üzerindeki renkleri, grafik tablet yardımıyla değiştirerek uygulamaya devam edilecektir.



Görsel 51.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

Üzerinde çalışılan objenin arka yüzeyinin temizlenebilmesi için, maske kullanılarak seçilir ve maske tersine çevrilerek ön yüzey korunur. Daha sonra Paint Brush yardımıyla objenin arkasında kalan yüzey temizlenir.



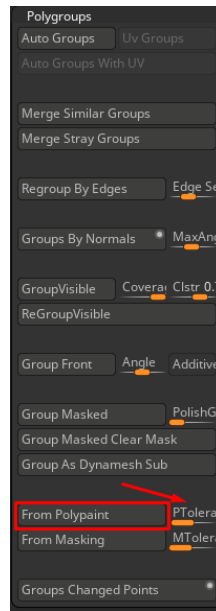
Görsel 52.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

Paint Brush kullanılarak obje üzerinde istenilen yerler belirginleştirilirken istenilmeyen yerler silinir ve obje, Polypaint for PolyGroup kullanılmak üzere hazırlanır.



Görsel 53.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

Menü üzerinde bulunan tolerans değeri barına belirli bir değer girilerek istenilen yumuşaklıkta renkler program tarafından gruplara ayrılır. Yapılan çalışma bir rölyef çalışması olduğundan, beyaz zeminler alçakta kalacak, siyah ve farklı renkteki zeminler ise yükseltilecek şekilde ayrılmıştır.



Görsel 54.Zbrush Polygroups menüsü



Görsel 55.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

Klavye üzerinde Ctrl ve Shift komutlarına aynı anda basılarak Polygroup seçimi yapılır ve obje üzerindeki figürün ne kadar yükseltileceği "Size" barına değer girilerek belirlenir. Yükseltilen yüzeyin daha yumuşak ve estetik olması için "Smooth" barına değer girilerek obje yumuşatılır.



Görsel 56.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

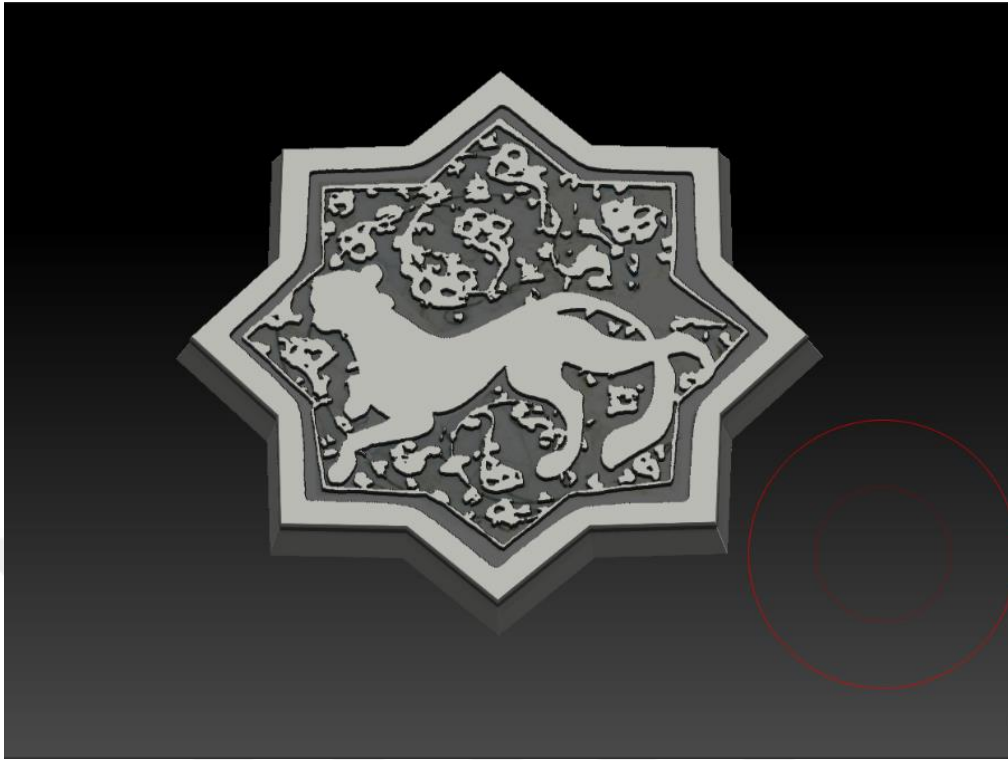


Görsel 57.Deformation menüsü.

Model üzerinde uygulanan maske tersine çevrilir ve model temizlenir. Modelin temizlenmesi, üzerinde çalışılacak alanlarda daha iyi kontrol sağlamak amacıyla yapılır.

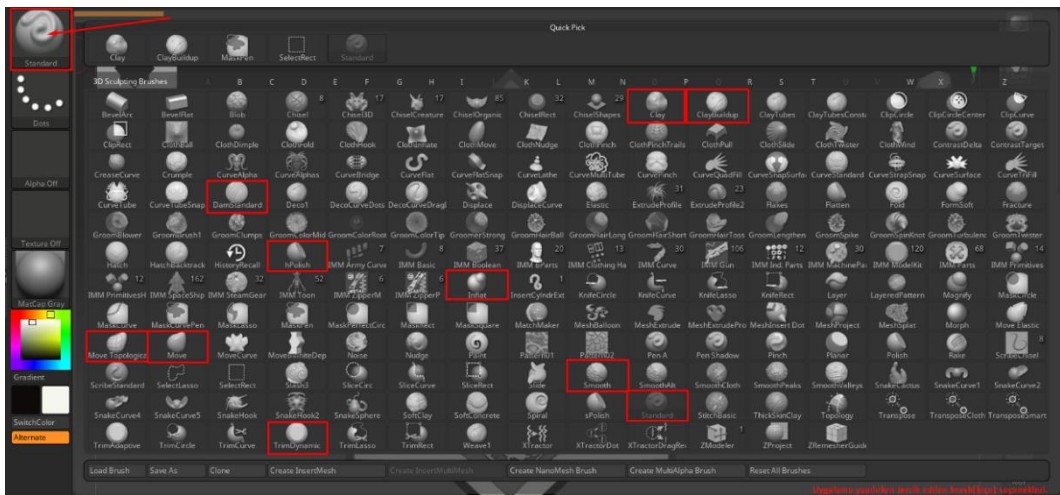


Görsel 58.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.



Görsel 59.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

Yardımcı program PureRef kullanılarak obje üzerindeki ayırım çizgileri yeniden aktarılır ve Clay, Clay Buildup, Dam Standard, hPolish, Inflate, Move, Move Topological, Smooth, TrimDynamic ve Standard brush'ları kullanarak rölyef aşama aşama modellenir.



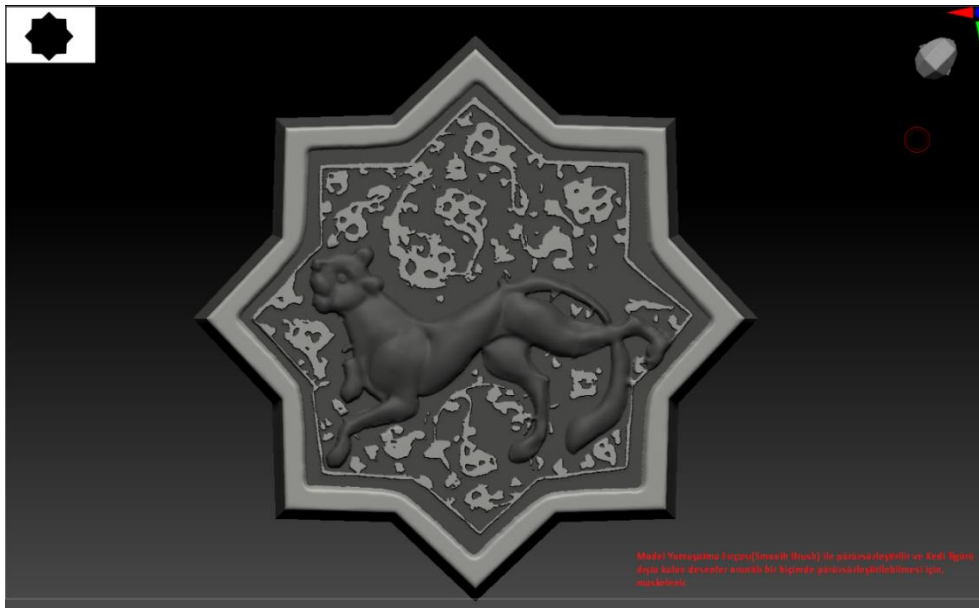
Görsel 60.Zbrush çalışmada kullanılan fırçalar.

Objenin modellenmesi sırasında geleneksel eklemeli ve çıkartmalı heykel yöntemleri taklit edilmiştir, bu süreçte ağırlıklı olarak ClayBuildup ve Dam Standard fırçalarından yararlanılmıştır.

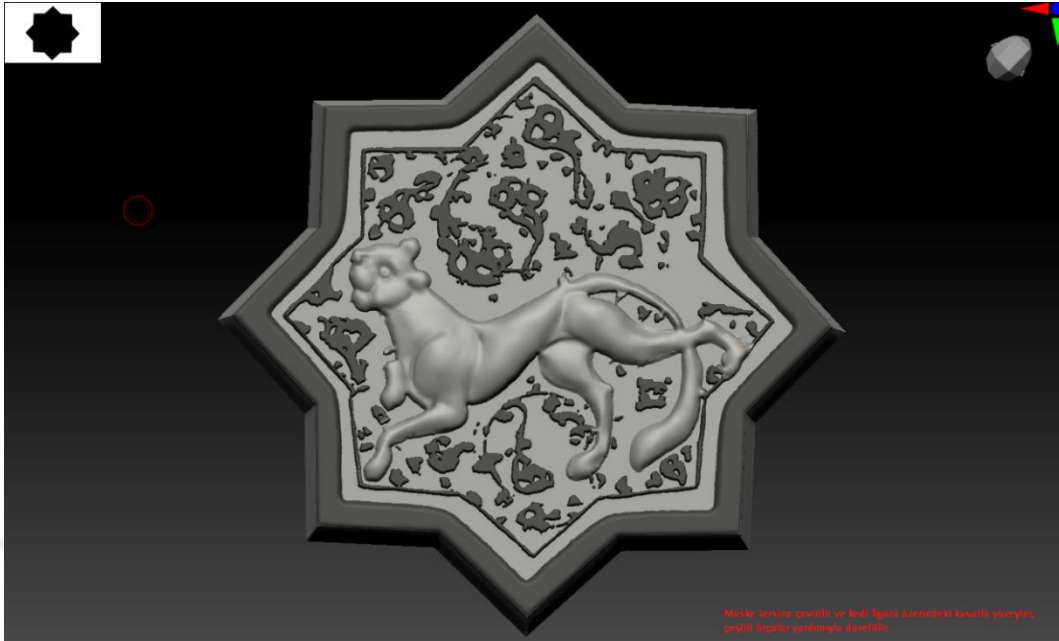


Görsel 61.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

Kabaca rölyefin oluşturulmasının ardından, yüzeylerin temizlenmesi için Smooth brush kullanılır ve figür maskelenir. Figürün dışında kalan yüzeyler, Deformation menüsü içinde bulunan Smooth barı yardımıyla yumuşatılır.



Görsel 62.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.



Görsel 63.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

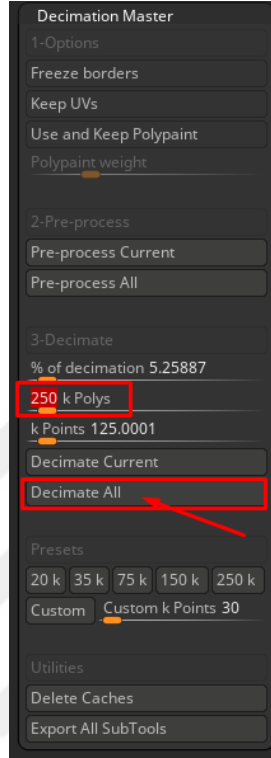
Maskelenen yüzey tersine çevrilerek, figür dışında kalan bölge üzerinde daha detaylı çalışma yapabilmek için tekrar maskelenir.



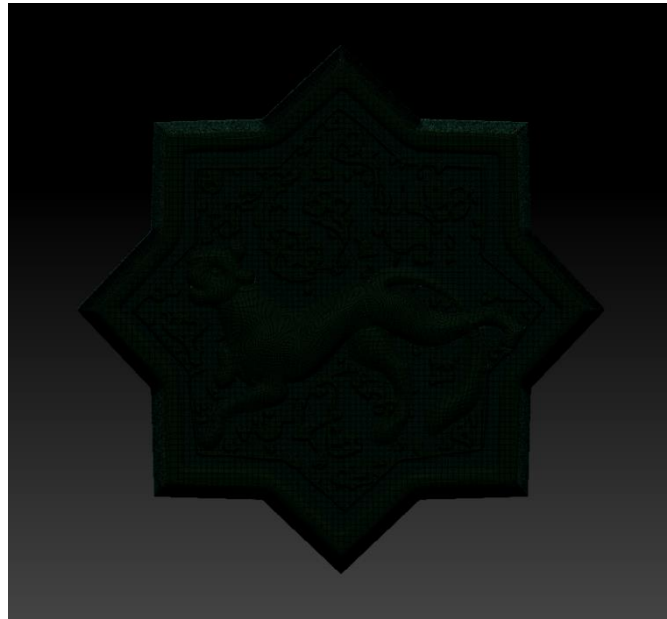
Görsel 64.Zbrush kedi figürlü yıldız çini yapım aşaması.

Figür üzerindeki işlemler tamamlandığında maske temizlenir ve Zplugin menüsü altında bulunan Decimation Master menüsü açılır. "Pre-process All" butonu kullanılarak obje Zbrush tarafından analiz edilir. Bu işlem, Zbrush programındaki

çalışılan objenin STL formatına aktarıldığında dosya boyutunun çok büyük olacağından, üç boyutlu baskı programlarının bu dosyayı açamayacağı göz önüne alınarak yapılmaktadır.



Görsel 65.Zbrush Decimaton Master menüsü.



Görsel 66.Zbrush Decimation Master öncesi çokgen sayısı.

Decimation Master menüsü içinde bulunan "Decimate All" butonu, istenilen değerlerin girilmesi ardından kullanılarak obje üzerindeki çokgen sayısını azaltır ve dosya boyutunu küçültür. Bu şekilde, Cura yazılımının açabileceği bir dosya elde etmek mümkün olur.

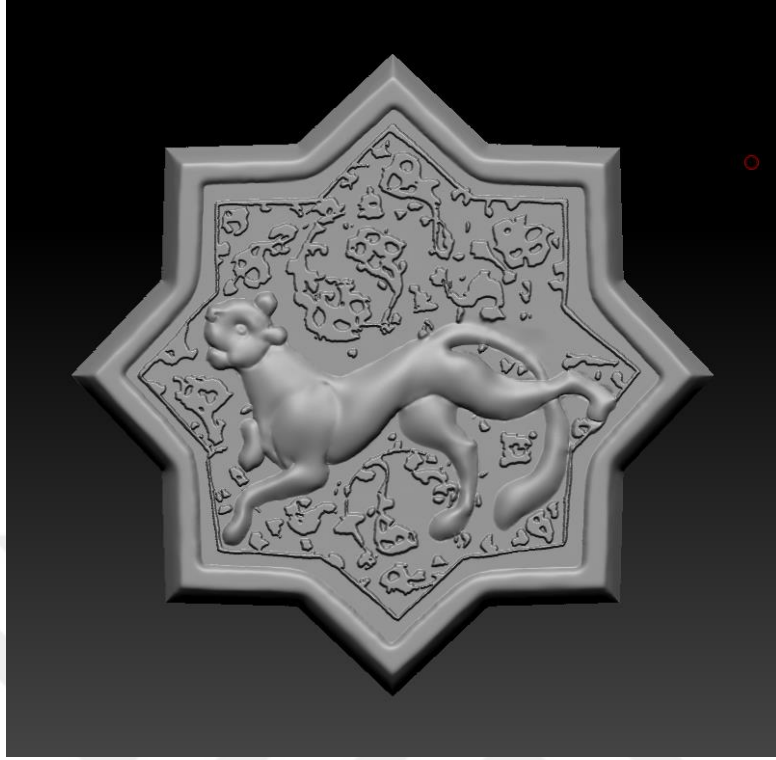


Görsel 67.Zbrush Decimation Master sonrası çokgen sayısı.

Decimation Master'ın obje üzerinde en az çözünürlük kaybı hedeflenerek tasarlanmış bir araç olduğunu söylemek mümkündür.

Zplugin menüsü altında yer alan 3D Print Hub menüsü kullanılarak proje dosyası STL dosya formatında dışa aktarılır ve Ultimaker Cura yazılımına aktarılmaya hazır hale getirilir.

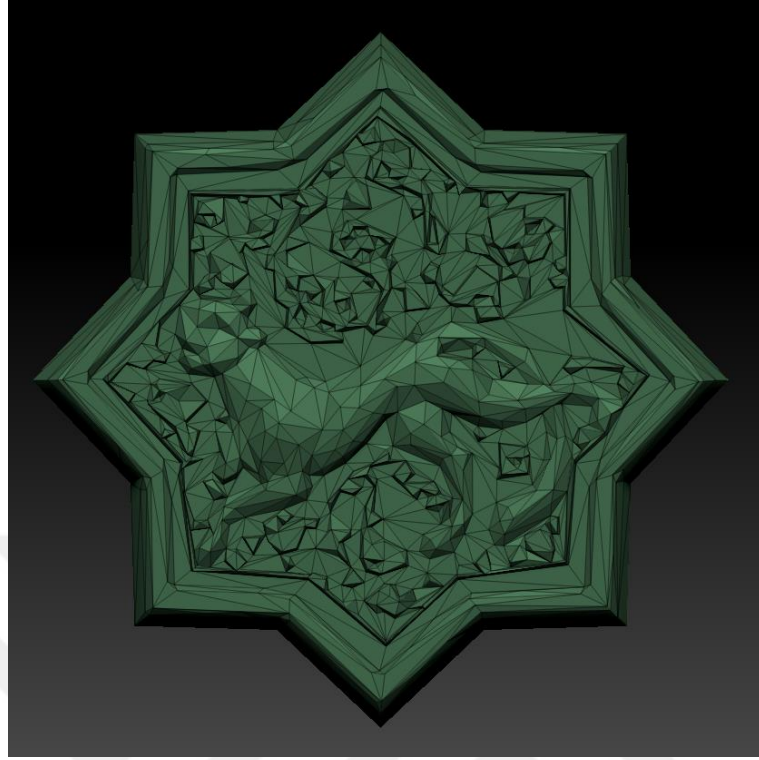
Decimation Master menüsü içerisinde bulunan "Decimate All" butonu kullanılarak ikinci seri olan low poly serisinin modelleri de yapılabilir. Low poly bir heykelin veya rölyefin olabilecek en az çokgen sayısı ile modellediği veya tasarlandığı bir tasarım yöntemidir. Decimation Master menüsünde istenilen çokgen sayısı belirlenerek modellenmiş olan objenin göze estetik gelmesini sağlayacak bir biçimde çokgen sayısı değiştirilir ve çeşitli denemeler sonucunda obje istenilen standartlara getirilebilir.



Görsel 68.Zbrush rölyef kedi figürlü yıldız çini.



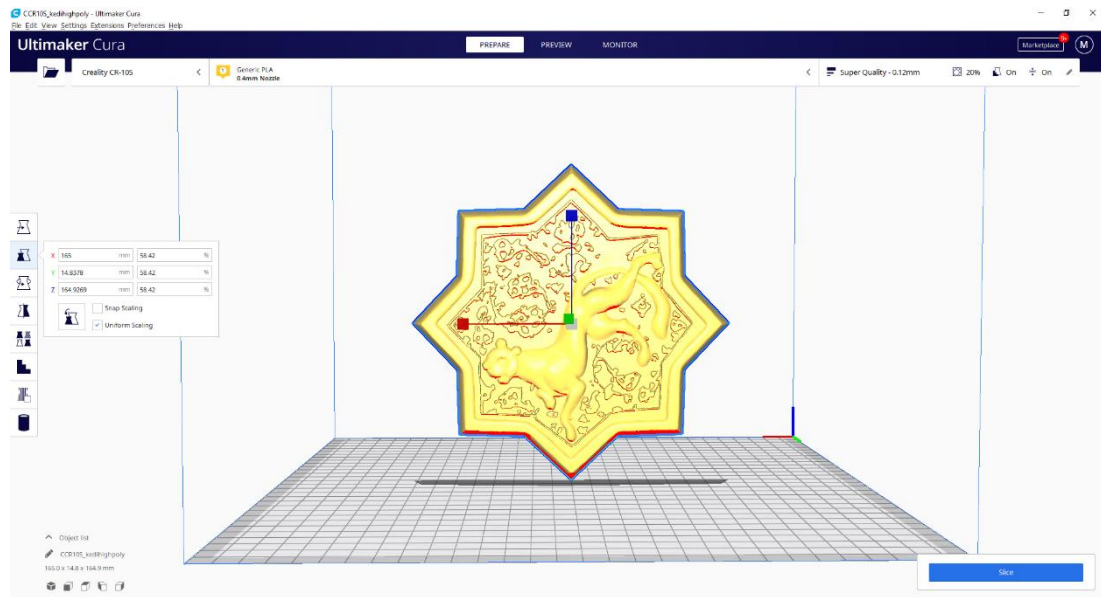
Görsel 69.Zbrush lowpoly kedi figürlü yıldız çini.



Görsel 70.Zbrush lowpoly kedi figürlü yıldız çini.

4.2. Üç Boyutlu Yazıcı Kullanılarak Prototip Üretimi

Üç boyutlu yazıcıda çıktı almadan önce stl formatında kaydedilen dosyalar Ultimaker Cura yazılımı içerisinde aktarılarak gcode formatına çevrilmelidir.



Görsel 71.Ultimaker Cura kullanılarak istenilen ölçülerin ayarlanması.

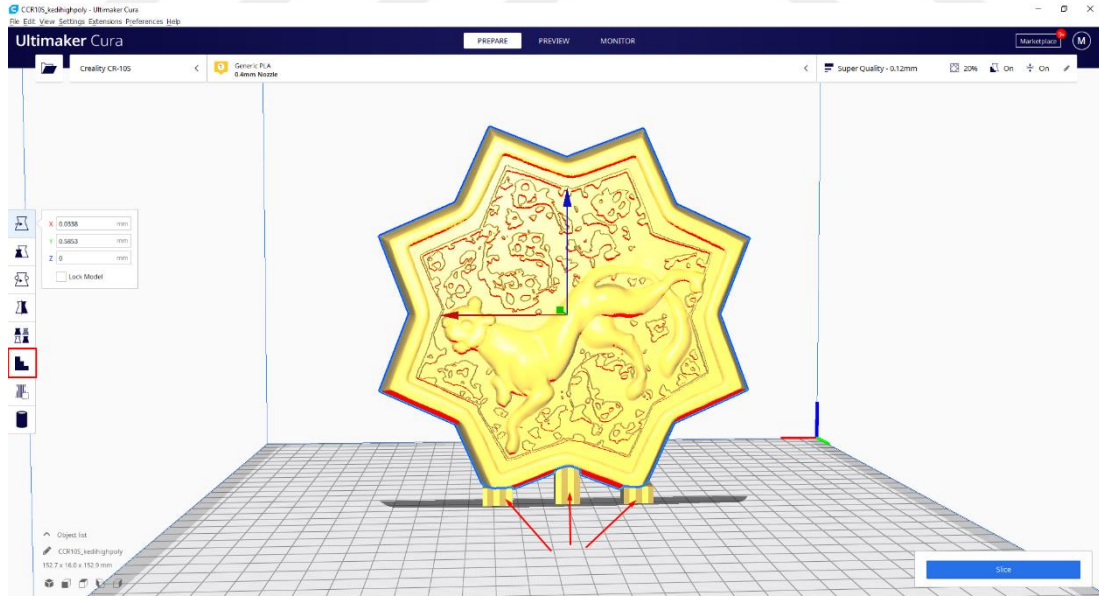
Objenin boyutları seramik üretimi ve fırınlanması ardından yüzde on küçülme payı hesaplanarak 16.5mm olarak ayarlanmıştır.

Ultimaker Cura, üç boyutlu yazıcı ile üretilecek objelerin üretim sırasında oluşabilecek sorunlarının önceden görülmesine yardımcı olan bir yazılımdır. Cura, üç boyutlu yazıcı üzerinde üretilecek objenin tabla konumu, boyutu, üretim esnasında objenin taşıyıcı desteklerine kadar düzenlenmesine imkan sağlar. Aynı zamanda üç boyutlu yazıcının çalışma hızı, soğutma fanlarının çalışma hızı, nozzle sıcaklığı, tabla sıcaklığı ve baskı çözünürlüğü gibi parametrelere müdahale edebilme imkanı sunmaktadır.

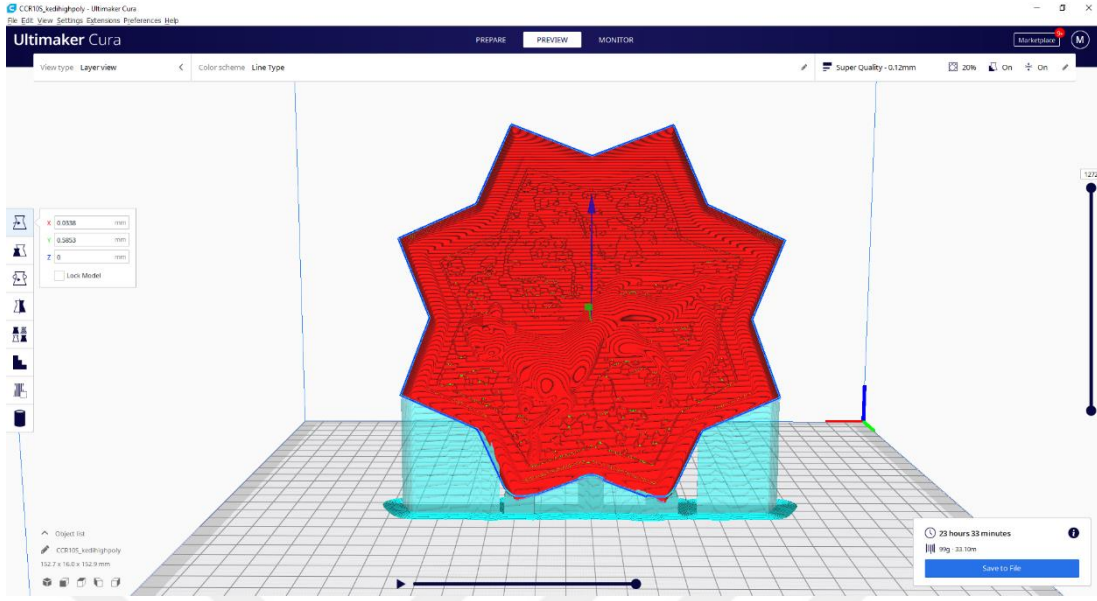
Cura, üretilecek olan ürünün üretimi sırasında oluşabilecek yazıcı hareketlerini canlandırır ve her katmanı ayrı ayrı kontrol edebilme imkanı tanır.

Bu çalışmada, yazılımın otomatik olarak oluşturduğu destekleri kullanmak yerine, kullanıcıların geliştirdiği yardımcı bir yazılım kullanılmıştır. Kullanılan yazılımın avantajları, destek oluşturmak istenmeyen bölgelerde malzeme ve zaman tasarrufu sağlamaktır.

Custom Support yardımcı yazılımı kullanılmıştır.



Görsel 72.Ultimaker Cura Custom Support örnek görsel.



Görsel 73.Ultimaker Cura baskı öncesi görünüş.

Resim 73 de görüldüğü gibi, üretimde kullanılacak malzeme ve üretim süresi yazılım tarafından gösterilmektedir.

Arayüzün sol kısmında boyut, konum ve dilimleyici seçenekleri bulunmaktadır. Sağ kısımda ise üretimin katmanlarının kontrol edilmesini sağlayan bir çubuk yer almaktadır.

Üst kısımda, baskı ön izlemesini değiştirebilecek seçenekler ve baskı ayarlarının değiştirilebileceği seçenekler bulunmaktadır.

Üç boyutlu yazıcının tabla ayarı ve eritici uç temizliğinin ardından kullanılacak malzeme bağlanır ve ön ısıtma ayarlarının yapılmasından sonra baskı başlatılır.

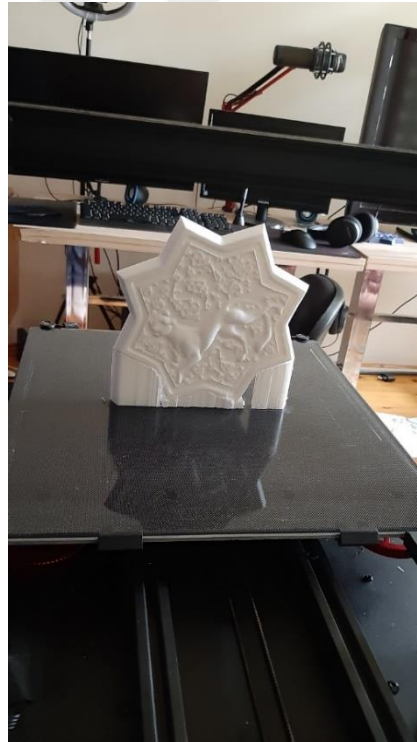
Kullanılan ısıtma ayarları ABG markasının Pla filamentine göre seçilmiştir, nozzle sıcaklığı 220 derece, tabla sıcaklığı 60 derece. Fan çalışma hızı 50 rpm, baskı hızı 100.

Prototiplerin dikey olarak üretilmesinin nedeni üç boyutlu FDM tipi yazıcıların yatay düzlemde gösterdiği çözünürlük, dikey düzlemde gösterdiği çözünürlüğe göre yetersiz olmasından dolayıdır.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 74.Creality Smart model üç boyutlu yazıcı.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 75.Creality Smart model üç boyutlu yazıcı ile üretilen prototip.

Üç boyutlu baskının tamamlanmasının ardından destekler sökülür ve desteklere temas eden yüzeyler zımpara ile pürüzsüzleştirilerek seramik kalıplarının alınması için hazırlanır. Baskı üzerindeki potansiyel hatalar, ipliklenme, çökme ve çözünürlük kayıplarının olup olmadığı incelenir.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 76.Kedi figürlü rölyef yıldız çini, üç boyutlu baskı.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 77.Kedi figürlü lowpoly yıldız çini üç boyutlu baskı.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 78.Rölyef ve lowpoly yıldız çini, üç boyutlu baskıları.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 79.Ara parça ve Yıldız çini prototiplerinin örüntüsü.

4.3.Üretilen Prototiplerin Alçı Kalıplarının Oluşturulması ve Seramik Üretim Süreci

Prototiplerin tamamlanmasının ardından, kalıp aşamasına geçilir. Modelin şekli ve ayrıntılarına uygun olarak oluşturulması amaçlanan kalıbın boyutları belirlenir. Modelin boyutu 165mm olup, her kenardan 40mm pay bırakılır ve 18mm kalıp duvarlarının kalınlığı hesaplanarak çizim yapılır.

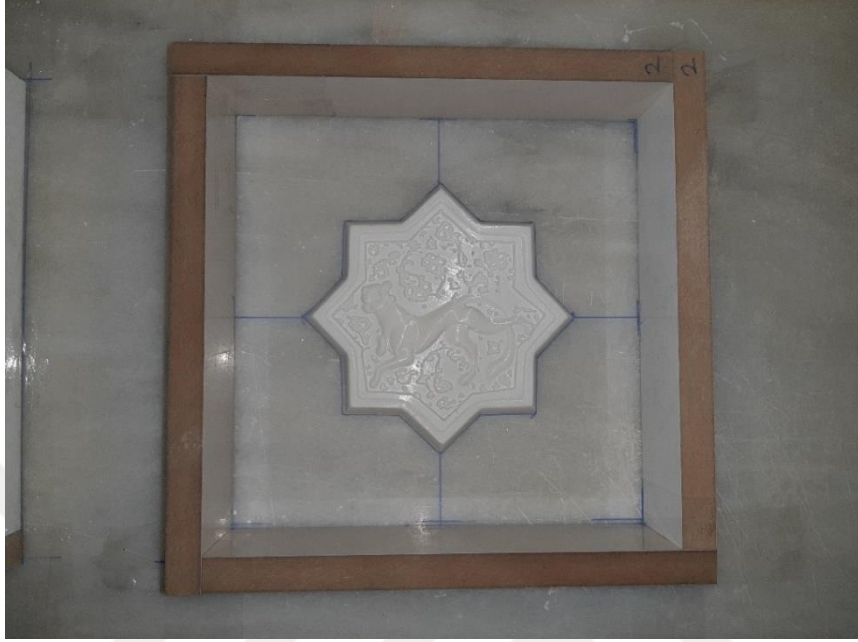


Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 80.Yıldız çini kalıp çizimi ve kalıp duvarları.

Toplamda 20 farklı yıldız çini ve 2 ara parça kalıbı oluşturmak için hazırlıklara başlanır. Kalıpları yapılacak prototiplerin hammaddeleri plastik (PLA) üç boyutlu baskılar olduğu için, yüksek numaralı zımpara ile pürüzsüzleştirilir. Çizim yapılan yüzey üzerine kalıp tahtaları akıllı vidalar kullanılarak sabitlenir ve kalıp tahtalarının kenarlarına ince koli bandı kullanılır. Alçı akışkan bir malzeme olduğundan, olası sızma ve benzeri riskler en aza indirgenir. Kalıbı oluşturulacak prototipler plastik olduğundan hafifler, bu nedenle zemine sabitlenmeleri gerekir. Uygulama sırasında çift taraflı bant kullanılarak zemine sabitlenir. Ayırıştırıcı olarak arap sabunu, sıvı yağ ve mazot karışımından oluşturulmuş bir ayırıştırıcı madde tercih edilir. Kalıp parçaları oluşturulurken, nadiren modelin direnç gösterdiği durumlarla karşılaşmak mümkündür. Model zarar görmeden kalıptan çıkarılabilmesi için ısı işlem uygulanabilir. Model, plastik olduğundan ısıya maruz kaldığında yumuşar, esnek hale gelir ve kalıptan çıkarmak mümkün olur, ancak bu işlem sırasında model

yüksek olasılıkla deforme olur. Kalıbın içine alçı, parafin veya silikon dökülerek model tekrar elde edilebilir.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 81.Yıldız çini kalıp hazırlık aşaması.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

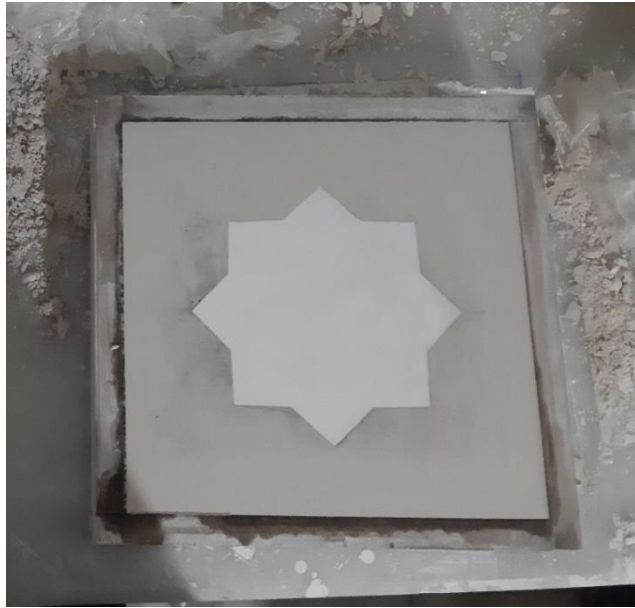
Görsel 82.Alçı karışımının dökülmesi.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 83. Yıldız ini kalıp aşaması.

Alçının hazırlanması ve kalıplara dökülmesinin ardından, alçı donması için beklenir ve elik sistre kullanılarak kalıp üzerindeki ters aılar temizlenir. Modellerin tekrar kullanılması amaçlandığından, vakum kullanılarak modeller dikkatli bir Şekilde doksan derecelik bir açıyla kalıptan çıkarılır.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 84. Yıldız ini modelinin kalıptan çıkarılma aşaması



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

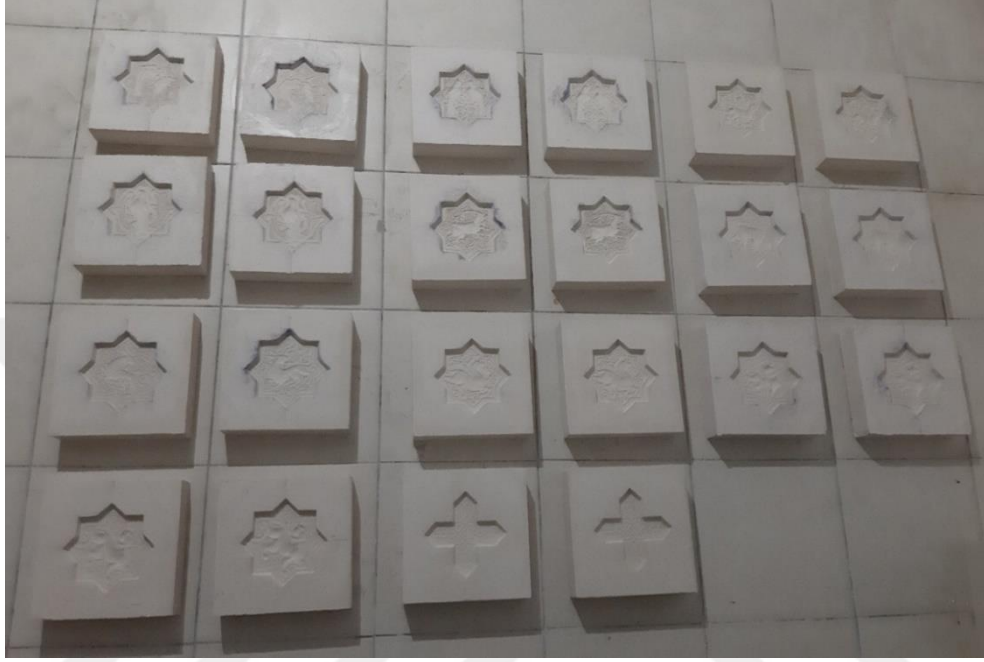
Görsel 85.Rölyef kedi figürlü yıldız çini kalıbı.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 86.Lowpoly kedi figürlü yıldız çini kalıbı.

Kalıp oluşturma süreci, aynı işlemler tekrarlanarak 22 farklı prototip üzerinde uygulanır. Kalıplar, kuru ve havalandırılan bir odada kurumaya bırakılır. Kuruyan kalıplar, ıslak bir sünger yardımıyla temizlenerek kuruyan ayrıştırıcı katmanı giderilir.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 87.Rölyef, lowpoly yıldız çini ve ara parça kalıpları.

Kalıpları oluşturulan prototiplerin üretimi için ithal ince öğütülmüş şamotlu kil kullanılacaktır. Bu nedenle döküm tekniği yerine, kil plakaları kalıpların içine az bir kuvvetle bastırarak uygulama yapılacaktır.

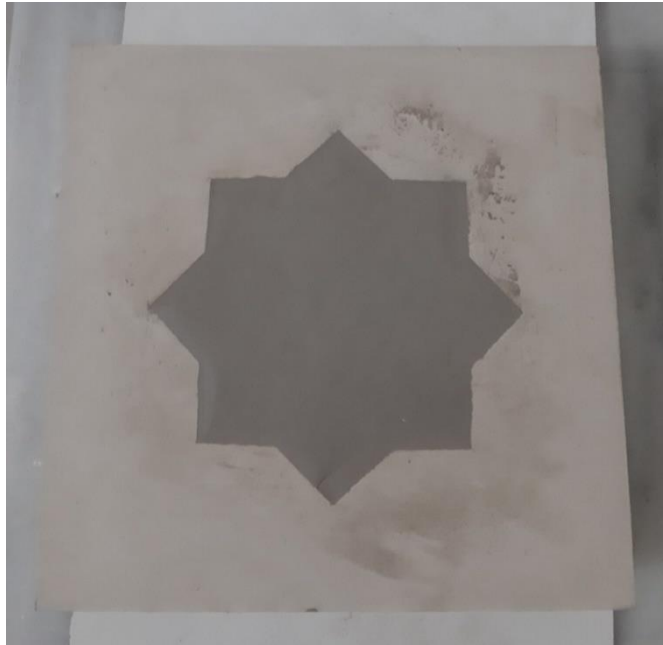
Kullanılan teknik kapsamında üretilen seramiklerin, içleri dolu ve dayanıklı parçalar olması hedeflenmektedir. Kalıp yüzeyine ince bir ayrıştırıcı tabaka sürülür ve merdane yardımıyla kil levha haline getirilir. Ardından, kalıp içine parmak uçlarıyla baskı yaparak, üretilmek istenilen modelin şeklini alır ve üzerinde kalan boşluk kil eklenerek doldurulur. Çelik sistre yardımıyla seramiğin arka yüzey ve kenarları düzleştirilir. Kalıp, bir santimetre yüksekliğindeki ahşap çitalara yerleştirilerek kurumaya bırakılır. Yerçekimi ve modelin kendi ağırlığı sayesinde kil, kalıptan ayrılır ve ham seramik bünyesi kurumaya hazır hale gelir. Pudra gibi ayrıştırıcı malzeme kullanıldığında seramiğin kalıptan ayrılma süresi azalacaktır. Bu tür malzemeler sıvı geçişini engelleme özelliğine sahiptir. Bu nedenle, basılmak istenen modelin kalıp duvarları sıvı ve nem gibi faktörlere maruz kalmayacağından,

modelin kalıba yapışması büyük ölçüde engellenir. Daha kusursuz ve hızlı bir üretim sağlanabilir.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 88.Seramik modelin üretim aşaması.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 89.Seramik modelin üretim aşaması.



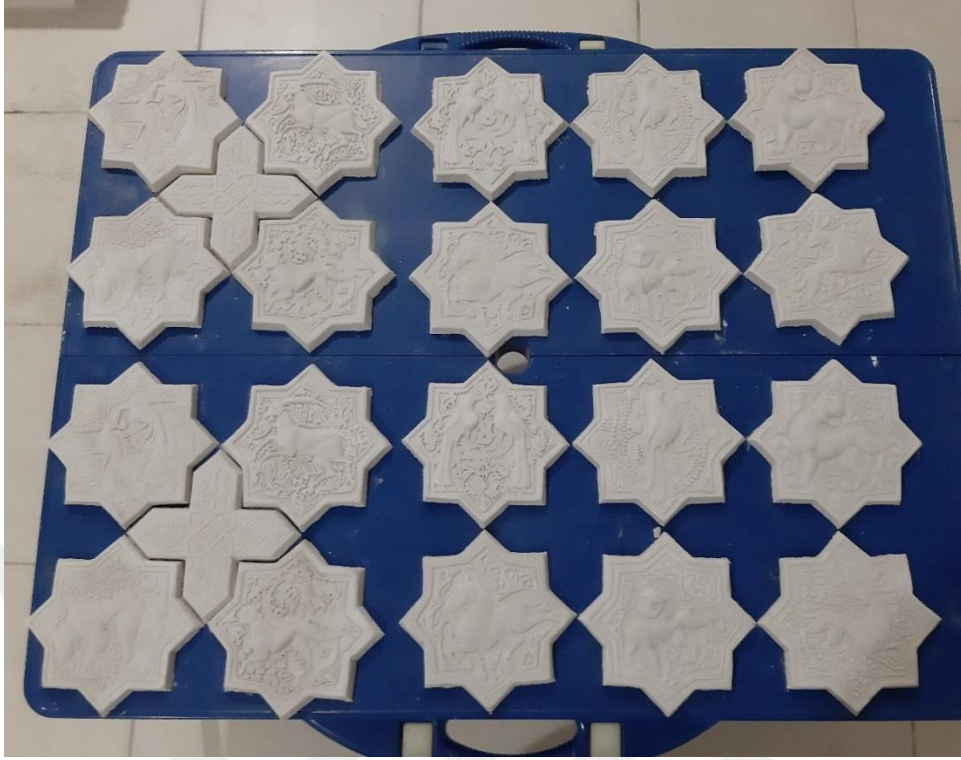
Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 90.Kalıp içerisindeki seramik modellerin kuruma aşaması.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 91.Kil lowpoly ve rölyef kedi figürlü yıldız iniler.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 92.Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin kuruma aşaması.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 93.Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin rötuşlama ve kontrol aşaması

Kuruyan ham seramik bünyelerin deforme olan yüzeyleri su ve sünger kullanılarak düzeltilir. Fırınlanmak istenilen bünyeler tekrar kontrol edilir ve gözden kaçırılan hatalar varsa bünyeler tekrar rötuşlanır. Modeller, fırına yerleştirilerek 1020 santigrat derecede 7 saat boyunca bisküvi pişirimi yapılır.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 94. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin, bisküvi pişirimi öncesinde, fırın içerisindeki dizilimi.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 95. Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin, bisküvi pişirimi öncesinde, fırın içerisindeki dizilimi

Sırlama işlemi için kullanılan sırn içine %1 oranında CMC (Sodyum Karboksimetil Selüloz) toz eklenir ve sırlanacak malzemelerin üzerine uygulanmadan önce sırn akışkan bir kıvama gelinceye kadar karıştırılır. Sırlama işlemi yapılmadan önce, sırlanacak malzemelerin üzerine uygulanmadan önce sırdaki iri tanelerin çıkarılması için iki kez 100 mesh elek yardımıyla yapılır. Seramik bisküviler akıtma yöntemi kullanılarak sırlanır, ardından ince çıtalara üzerine ters bir şekilde yerleştirilir ve fazla sırn akıtılır. Fırça yardımıyla eksik veya hatalı görülen yüzeylerdeki sırn düzeltilir.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 96.Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin sırlama aşaması.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 97.Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin sırlama aşaması.

CMC (Sodyum Karboksimetil Selüloz) eklenerek hazırlanan sır, ince veya kalın katmalı sırlama sonucunda oluşabilecek hataları azaltan bir sırlama yöntemidir.

Sırlama işlemi tamamlanan seramiklerin fırın plakaları ile temas edecek yüzeyleri maket bıçağı ve sünger yardımıyla temizlenir. Üçgen cordierit plaka ve kısa ayaklar kullanılarak fırın içerisinde seramiklerin yerleşimi yapılır. Seramikler, 1040 santigrat derecede 8 saat boyunca sır pişirme işlemine tabi tutulur.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 98.Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin, sır pişirimi öncesinde, fırın içerisindeki dizilimi.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 99.Yıldız çini ve ara parça seramik modellerinin, sır pişirimi öncesinde, fırın içerisindeki dizilimi.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 100.Sır pişirimi tamamlanmış, yıldız ini ve ara parça seramik modeller.

4.4. LowPoly Kubad Abad Serisi



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 101. LowPoly Kubad Abad serisi.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 102. LowPoly Kubad Abad serisi, kedi figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 103. LowPoly Kubad Abad serisi, at figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 104. LowPoly Kubad Abad serisi, keçi figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 105. LowPoly Kubad Abad serisi, ayı figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 106. LowPoly Kubad Abad serisi, aslan figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 107. LowPoly Kubad Abad serisi, tavşan figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 108. LowPoly Kubad Abad serisi, köpek figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 109. LowPoly Kubad Abad serisi, hayat ağacının iki yanında karşılıklı kuş figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 110. LowPoly Kubad Abad serisi, avcı kuş figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

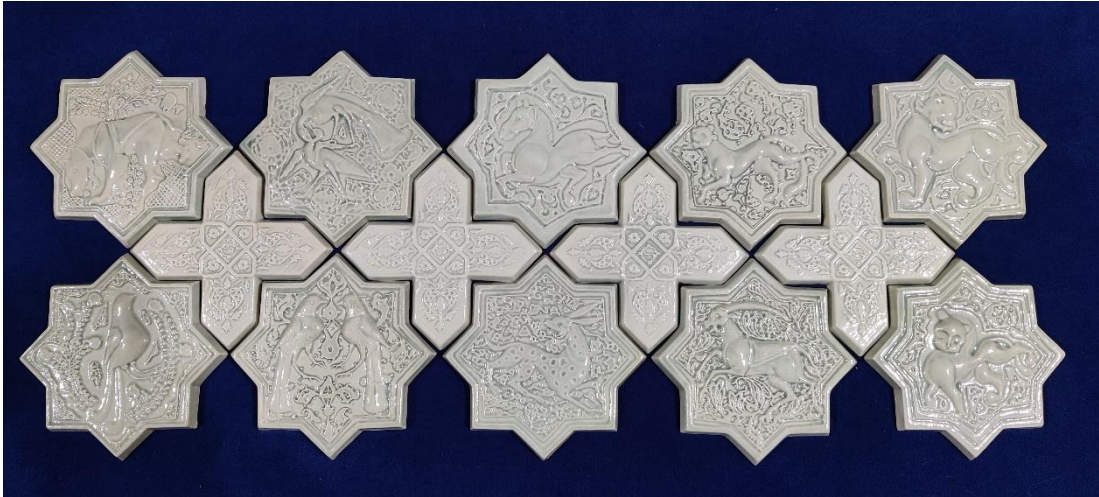
Görsel 111. LowPoly Kubad Abad serisi, kuş figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 112. LowPoly Kubad Abad serisi, ara parÇa.

4.5. Rölyef Kubad Abad Serisi



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 113. Rölyef Kubad Abad serisi.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 114. Rölyef Kubad Abad serisi, kedi figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 115. Rölyef Kubad Abad serisi, at figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 116. Rölyef Kubad Abad serisi, keçi figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 117. Rölyef Kubad Abad serisi, ayı figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 118. Rölyef Kubad Abad serisi, aslan figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 119. Rölyef Kubad Abad serisi, tavşan figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 120. Rölyef Kubad Abad serisi, köpek figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 121. Rölyef Kubad Abad serisi, hayat ağacının iki yanında karşıklı kuş figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 122. Rölyef Kubad Abad serisi, avcı kuş figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 123. Rölyef Kubad Abad serisi, kuş figürü.



Kaynak: Muhammed Said ŞEN arşivi.

Görsel 124. Rölyef Kubad Abad serisi, ara parça.

SONUÇ

Yüksek Lisans tezinde Anadolu Selçuklu sanatında önemli bir yere sahip olan, Kubad Abad Sarayındaki yıldız biçimli çinilerde görülen on hayvan figürü incelenmiştir. Kaynak tarama yöntemi ile tarihi ve Türk toplumunda ifade ettiği anlam açıklanmaya çalışılmıştır. Seçilen yıldız biçimli çinilerin yeniden tasarlanması ve üretilmesi için, bilgisayar destekli tasarım ve üretim kaynakları taranmış ve buna bağlı olarak uygulamalar yapılmıştır.

Tez kapsamında yıldız biçimli seramikler, Zbrush yardımıyla yeniden modellenmiştir. Eklemeli üretim (FDM "Fused Deposition Modeling") prensibi ile çalışan bir üç boyutlu yazıcı kullanılarak prototiplerin üretimi başarılı bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Toplamda 22 çeşit prototip, üç boyutlu yazıcı yardımıyla üretilmiş ve endüstriyel seramik yöntemleri kullanılarak alçı kalıpları oluşturulmuştur. Alçı kalıpların içerisine plastik kıvamda kil bastırılarak seramikler elde edilmiştir.

Prototiplerin oluşturulması esnasında üç boyutlu heykel programları esnek bir biçimde kullanılabilmiş ve program üzerinde oluşturulan detaylar dahil olmak üzere üç boyutlu plastik baskılara aktarılabilmiştir. Üç boyutlu yazıcı kullanımında dikey baskıların, yatay baskılara oranla yüksek çözünürlüklü sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir. Plastik malzeme kullanılarak üretilen prototipler su emme özelliği bulunmadığından kalıp yüzeyinden kolayca ayrılmıştır. Seramik formların üretimi ve şekillendirme aşaması alçı kalıplar kullanılarak, geleneksel endüstriyel üretim metotlarına göre yapılmıştır. Detaylı olan kabartmalarda ürünlerin kolay çıkması için pudra kullanılmıştır. Böylece seramikler deforme olmadan kalıptan çıkartılmıştır. Ürünler kontrollü bir biçimde kurutulduktan sonra pişirimleri yapılmıştır.

Sonuç olarak Anadolu Selçuklu Sanatının önemli örneklerinden olan Kubad Abad Sarayı çinilerine bir bütün olarak bakıldığında, birbirinden farklı iki unsur dikkati çekmektedir. Bunlardan birincisi seramik formların bir arada olması sağlayan geometrik düzendir. Yıldız biçimli formlardaki statik bir düzenin uyumu oldukça etkiyicidir. Diğer taraftan her bir yıldız biçimli seramikte farklı bezemeler dikkati çeker. Sır altına yapılmış benzemelerde insan, hayvan ve bitki biçimleri oldukça serbest fırça hareketleri ile resmedilmiştir. Bu durumda resimsel öğelerin serbest bir biçimde ele alınışı ve onları adeta taşıyan seramik formların matematiksel düzeninde tezatlıkla birlikte bir uyum görülmektedir. Yüksek Lisans Tez çalışması da buna benzer iki farklı durumu, bir araya getirerek yeni bir söz söyleme amacındadır. Geleneksel bir seramik form tamamen bilgisayar ortamında, yeni

teknoloji araçları ile dijital olarak yeniden şekillendirilmiştir. Ayrıca üretim aşamasında da üç boyutlu yazıcılar kullanılarak geleneksel üretimin dışında farklı bir üretim yöntemi denenmiştir. Ancak çalışmanın devamında geleneksel üretim yöntemleri de kullanılmıştır. Böylece hem yeni teknikler hem de geleneksel teknikler, aynı ürün üzerinde bir arada uygulanmıştır. Birbirinden tamamen farklı her iki teknik, bir seramik formda, bir arada kullanılmıştır. Kubad Abad Sarayı çinilerinde görülen iki farklı anlayışın birlikteliği, yine Kubad Abad Sarayı çinilerinin, bu kez yeni varyasyonlarında, farklı iki teknikle üretilmiştir.

Bu tür yeni teknolojiler ve ifade olanakları ile hasar görmüş ve yıpranmış olan, seramikler de yeniden üretilebilir. Ayrıca dijital olarak tasarlanan seramik objeler daha fazla kişiye üç boyutlu bir biçimde ulaşabilir. Böylece dijital heykeltıraşlık ile tasarlanıp geleneksel yöntemlerle üretilen seramikler müzecilik, restorasyon, eğitim vb. farklı alanlarda da fayda sağlayacaktır.

İNTERNET KAYNAKÇASI

<https://www.autodesk.com.tr/solutions/cad-design> (Erişim Tarihi: 22.03.2023)

https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_CAD_software#cite_note-6 (Erişim Tarihi: 2.06.2023)

<https://www.ll.mit.edu/about/history/sage-semi-automatic-ground-environment-air-defense-system> (Erişim tarihi: 4.06.2023)

Waurzyniak, Patrick (2010)
<https://www.sme.org/technologies/articles/2010/masters-of-manufacturing-patrick-j-hanratty/> (Erişim tarihi: 4.06.2023)

<https://lemelson.mit.edu/resources/ivan-sutherland> (Erişim Tarihi: 4.06.2023)

<https://www.invent.org/inductees/ivan-e-sutherland> (Erişim Tarihi: 3.06.2023)

https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_Applications_Group (Erişim Tarihi: 4.06.2023)

<https://www.theautopian.com/why-car-designers-have-used-computers-for-longer-than-you-think-and-how-boeing-helped-it-all/> (Erişim Tarihi: 2.06.2023)

<https://www.cimdata.com/en/speaker-bios/versprille> (Erişim Tarihi: 5.06.2023)

https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc25/pc25_birth.html (Erişim Tarihi: 5.06.2023)

<https://en.wikipedia.org/wiki/SolidWorks> (Erişim Tarihi: 5.06.2023)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Blender_\(software\)#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Blender_(software)#History) (Erişim Tarihi: 5.06.2023)

https://opencorporates.com/companies/us_ca/1985090 (Erişim Tarihi: 5.06.2023)

<http://archive.zbrushcentral.com/showthread.php?073517> (Erişim Tarihi: 5.06.2023)

<https://www.cadpro.co.nz/simulation-and-analysis/> (Erişim Tarihi: 3.06.2023)

https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design (Erişim Tarihi: 2.06.2023)

https://en.wikipedia.org/wiki/John_T._Parsons (Erişim Tarihi: 9.06.2023)

https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing (Erişim Tarihi: 9.06.2023)

<http://www.turkcadcam.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/index5.html> (Erişim Tarihi: 9.06.2023)

<https://xometry.eu/en/subtractive-manufacturing-vs-additive-manufacturing/> (Erişim Tarihi: 10.06.2023)



KAYNAKÇA

Aktaş, Y. (2015). Anadolu Selçuklu Sultanı 3.Gıyaseddin Keyhüsrev ve Saltanatının ilk Yılları. **Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi Journal of Social Sciences**, 55, 197-211.

Amresh, A. (2011). **Smooth surfaces for video game development** [Ph.D., Arizona State University]. (865844820). ProQuest Dissertations & Theses Global. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/smooth-surfaces-video-game-development/docview/865844820/se-2?accountid=159111>

Arık, O., & Arık, R. (2007). **Anadolu Toprağı'nın Hazinesi Çini Selçuklu Beylikler Çağı Çinileri.**

Arık, R. (2000). **Kubad Abad.** Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Arora, R. (2021). **Creative Visual Expression in Immersive 3D Environments** [Ph.D., University of Toronto (Canada)]. (2610042442). ProQuest Dissertations & Theses Global. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/creative-visual-expression-immersive-3d/docview/2610042442/se-2?accountid=159111>

Aslanapa, O. (1989). **Türk Sanatı.** Remzi Kitabevi A.Ş.

Bézier, P. E., Hawthorne, W. R., & Edwards, G. R. (1997). Example of an existing system in the motor industry: The Unisurf system. **Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences**, 321(1545), 207-218. <https://doi.org/10.1098/rspa.1971.0027>

Çoruhlu, Y. (2002). **Türk Mitolojisinin Ana Hatları.** Kabalcı Yayınevi.

Isiktas, D I. (2018). Usage Possibilities of Three Dimensional Printing Technology in Design and Production in Ceramics. **Ulakbilge Dergisi**, 6(28). <https://doi.org/10.7816/ulakbilge-06-28-06>

Erdem, M. (2011). **Kubad-Abad Saray Çinilerindeki Hayvan Motiflerinin İkonografisi, Simgesel Anlamı ve Günümüz Seramiğindeki Yorumları** [Yüksek Lisans]. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Gögebakan, Y. (2013). Türk Mitolojisine Ait Unsurların Çağdaş Türk Sanatına Kaynaklık Etme Sorunu. **Sanat ve Tasarım Dergisi**, 1(12), Article 12. <https://doi.org/10.18603/std.94954>

Hurst, J., Mahoney, M. S., Gilmore, J. T., Roberts, L. G., & Forrest, R. (1989). Retrospectives II: The early years in computer graphics at MIT, **Lincoln Lab, andd Harvard. ACM SIGGRAPH 89 Panel Proceedings**, 39-73. <https://doi.org/10.1145/77276.77280>

Inc, I. M. G. (1984, Aralık 3). **InfoWorld**. 6(49), 39.

Karacalar, Ş. (2014). **13. Ve 14. Yüzyıl Anadolu Selçuklu Dönemi çini sanatında görülen insan, hayvan, bitki motifleri ve günümüz seramik sanatındaki yorumu** [Yüksek Lisans]. Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Karpuz, H. (2009). Anadolu Selçuklu Sanatı Literatürü. **Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi**, 14, Article 14.

Kayalıoğlu, A. C. (2020). **Üç Boyutlu Tarayıcı Ve Üç Boyutlu Yazıcıların Seramik Sanatında Figüratif Formlarda Elle Şekillendirme İle Birlikte Kullanılması** [Sanatta Yeterlilik Tezi]. Eskişehir Anadolu Üniversitesi.

Köymen, M. A. (1953). Büyük Selçuklu İmparatoru Melikşah Devrine Dair Bir Eser Münasebetiyle. **BELLE TEN**, 17(68), Article 68.

Köymen, M. A. (1993). Süleyman Şah ve Anadolu Selçuklu Devleti'nin Kuruluşu. **Belleten**, 57(218), 71-80. <https://doi.org/10.37879/belleten.1993.71>

Kurt, K. (2012). **Anadolu Selçuklu çinilerindeki hayvan figürlerinin farklı bir yaklaşımla seramik yüzeylerde değerlendirilmesi** [Yüksek Lisans]. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.

Löffler, R., & Koch, M. (2019). Innovative Extruder Concept for Fast and Efficient Additive Manufacturing. **IFAC-PapersOnLine**, 52, 242-247. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.071>

Maity, M., Mondal, J. K., & Das, S. (2023). ANP–MOORA-Based Approach for Selection of FDM 3D Printer Filament. İçinde N. Ramesh Babu, S. Kumar, P. R. Thyla, & K. Sripriyan (Ed.), *Advances in Additive Manufacturing and Metal Joining* (ss. 29-42). **Springer Nature Singapore**. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7612-4_3

Martinez, E. H. V., & Can, E. (2016). Bilgisayar Destekli Seramik Üretim Yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar Ve Günümüz Koşullarında Uygulama Örneği. **Sanat ve Tasarım Dergisi**, 6(1), 1-15.

Oral, Z. (1953). Kubâd-Âbâd Nasıl Bulundu? **Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi**, 2(2-3), Article 2-3.

Önder, M. (1967). Kubâd-Âbâd Sarayı Harpı ve Sîmurg'ları. **Türk Etnografya Dergisi**, 60, Article 60.

Öney, G. (1992). **Anadolu Selçuklu Mimari Süslemesi ve El Sanatları**. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Özdemir, A. (2022). Bilgisayar Destekli Tasarım ve Tasarımcı. **Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi**, 12(4), Article 4. <https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1206528>

Özgüven, S. (2010). **Seramik Formların Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Tasarlanması** (298045) [Yüksek Lisans]. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.

Özsoy, K., & Duman, B. (2017). Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği. **International Journal of 3d Printing Technologies and Digital Industry**, 1(1), 36-48.

Ross, D. T. (1960). **Computer-Aided Design Related to the Engineering Design Process**. Electronic Systems Laboratory Department of Electrical Engineering Massachusetts Institute of Technology Cambridge 39. Massachusetts.

Ross, D. T. (1989). **An Interview with Douglas T. Ross OH 178** (J. O'Neill) [Cambridge, MA].

Roux, J.-P. (2008). **Türklerin Tarihi—Pasifikten Akdenize 2000 yıl** (A. Kazancıgil & L. Arslan-Özcan, Çev.; 5. bs). Kabalcı Yayınevi.

Roux, J.-P. (2011). **Eski Türk Mitolojisi** (M. Y. Sağlam, Çev.; 1. bs). BilgeSu Yayıncılık.

Sener, C. (2003). **Samanizm: Türklerin İslamiyetten Önceki Dini** (13. bs). Etik Yayınları.

Sevim, A. (2022). Kılıçarslan III. **TDV İslâm Ansiklopedisi** (C. 25, s. 403). TDV İslâm Araştırmaları Merkezi.

Spencer, S. (2011). **ZBrush Character Creation: Advanced Digital Sculpting** (2. bs). John Wiley & Sons, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/erbakantr/detail.action?docID=3058348>

Sutherland, I. (2012). The TX-2 Computer and Sketchpad. **Lincoln Laboratory Journal**, 19(1), 82-84.

Sürmen, H. K. (2019). Eklemeli İmalat (3B Baskı): Teknolojiler ve Uygulamalar. **Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering**, 24(2), 373-392. <https://doi.org/10.17482/uumfd.519147>

Tanyeli, U. (2008). Anadolu Selçuklu mimarlığı ve sanatı. **Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi** (ss. 93-97). Yem Yayın-38.

Turan, O. (2008). **Selçuklular Tarihi ve Türk İslam Medeniyeti**: Ötüken Neşriyat A.Ş.

Türkel, E. (2008). **Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Seramik Ürünlerin Modellemesi ve Bir Pisuar Uygulaması** [Sanatta Yeterlilik Tezi]. T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.

Ugurlu, K. (2002). Kubâdâbâd Sarayı. İçinde TDV İslâm Ansiklopedisi (C. 26, ss. 299-300). **TDV İslâm Araştırmaları Merkezi**.

Wang, K. K., Wang, W. P., & Suh, N. P. (1981). **A Padl-Based Numerical Control Machining Data Generation Program**. **CIRP Annals**, 30(1), 359-362. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60957-3](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60957-3)

Yetkin, Ş. (1968). Anadolu Selçuklularının Mimari Süslemelerinde Büyük Selçuklulardan Gelen Etkiler. **Sanat Tarihi Yıllığı**, 2, Article 2.