

**ÇAĞDAŞ SANATTA
FRAKTAL FORM ÜRETİM YÖNTEMİ
OLARAK PARAMETRİK TASARIM**

Mustafa YÜZÜKOCA
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi F. Nuri KARA
Şubat, 2023
Afyonkarahisar

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇAĞDAŞ SANATTA FRAKTAL FORM ÜRETİM YÖNTEMİ OLARAK PARAMETRİK TASARIM

Hazırlayan
Mustafa YÜZÜKOCA

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi F. Nuri KARA

AFYONKARAHİSAR 2023

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “**Çağdaş Sanatta Fraktal Form Üretim Yöntemi Olarak Parametrik Tasarım**” adlı çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde bilimsel etik kurallara ve atıf gösterme ilkelerine riayet ettiğimi belirterek aksi bir durumun tespiti halinde sorumluluğun tamamen bana ait olduğunu kabul, beyan ve taahhüt ederim.

06/02/2023

İmza

Mustafa YÜZÜKOCA

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ENSTİTÜ ONAYI

Öğrencinin	Adı- Soyadı	Mustafa YÜZÜKOCA
	Numarası	190658111
	Anabilim Dalı	Sanat ve Tasarım
	Programı	Sanat ve Tasarım
	Program Düzeyi	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora ☐ Sanatta Yeterlik
Tezin Başlığı		Çağdaş Sanatta Fraktal Form Üretim Yöntemi Olarak Parametrik Tasarım
Tez Savunma Sınav Tarihi		06.02.2023
Tez Savunma Sınav Saati		14:00

Yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez, Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek ☒oy birliği – ☐oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Elbeyi PELİT
MÜDÜR

Bu tez, Enstitü Müdürlüğünce kontrol edilerek, elektronik imza kullanılarak onaylanmıştır.

ÖZET

ÇAĞDAŞ SANATTA FRAKTAL FORM ÜRETİM YÖNTEMİ OLARAK PARAMETRİK TASARIM

Mustafa YÜZÜKOCA

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANABİLİM DALI

Şubat, 2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi F. Nuri KARA

Sanat geçmişten günümüze çağına, toplumsal yapısına doğrudan ya da dolaylı etki eden her türlü olumlu ya da olumsuz durumdan, gelişmeden etkilenen değişime açık bir görsel-estetik yapıdır. Toplumsal, kültürel olaylar kadar teknolojik gelişmeler ve bu gelişime katkı sağlayan olanaklardan da aynı şekilde etkilenir. Özellikle 19. yüzyılın sonlarında geliştirilen bilimsel teoriler ve ondan beslenen yeni dünya görüşleri, doğanın yol gösterici yapısını çözümlemeye yarayan matematik, fraktal geometri, kaos, düzen kavramları sanatta da etkisini göstermiştir. 21. yüzyıla gelindiğinde dijital olanakların gelişmesi, bilgisayar teknolojisinin sanat/tasarım sürecine katkı sağlayacak özelliklere sahip olması, dijital sanat, dijital üretim kavramlarını ortaya çıkarmış ve beraberinde sergileme olanaklarını farklılaştırmıştır. Bunlardan biri program olanaklarıyla oluşturulan parametrik tasarımıdır. Çoğunlukla mimari, iç mekan tasarımı ve endüstri ürünleri tasarımında kullanılan parametrik tasarım, özellikle son dönemde sanatçıların eserlerini oluştururken kullandıkları malzemeyi çeşitlendirmesini sağlayan ve sanat eserini mekânıyla, mekân için tasarlatan bir yöntem olmuştur. Çalışmada hem mimari hem de sanata ilişkin belli başlı parametrik tasarım örneklerine yer verilmiştir. Bu araştırma sayesinde çağdaş sanatta dijital bir üretim yöntemi olan parametrik tasarımın, hem kuramsal hem de uygulama açısından oluşturulan örnek eserlerle temsil edilmesi, yöntem ve uygulama açısından sanat alanına katkı sağlaması bakımından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Plastik sanatlar, çağdaş sanat, fraktal, kaos, parametrik tasarım.

ABSTRACT

PARAMETRIC DESIGN IN CONTEMPORARY ART AS A FRACTAL FORM PRODUCTION METHOD

Mustafa YÜZÜKOCA

**AFYON KOCATEPE UNIVERSITY
INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF ART AND DESIGN**

February, 2023

Advisor: Assist. Prof. Dr. F. Nuri KARA

Art has always been a visual-aesthetic structure open to change, affected by all kinds of favorable or unfavorable circumstances and developments that directly or indirectly influence its era and the social structure in that era. It is equally affected by social and cultural affairs as well as technological breakthroughs and the opportunities contributing to these breakthroughs. Helping to analyze the guiding structure of nature, mathematics, fractal geometry, and concepts such as chaos and order in addition to the scientific theories created especially in the late 19th century and the new world ideas fed by these theories have also had a mark on art. And when we reach the 21st century's growth in digital possibilities, computer technology has developed features contributing to the art/design process and revealed the concepts of digital art and digital production with new exhibition possibilities. One of them is the parametric design created using a digital program. Parametric design, mostly employed in architecture, interior design, and industrial product design, has recently evolved into a technique allowing artists to diversify the materials they use when creating their works and to design the work of art with its space and for its space. This study will include leading parametric design examples associated with both architecture and art. This research aims theoretically and practically to represent the parametric design, a digital production method in contemporary art, by using sample works created to contribute to this field of art in terms of method and practice.

Keywords: Plastic arts, contemporary art, fractal, chaos, parametric design.

ÖN SÖZ

Sanatın geçmişten günümüze yolculuğunda çağdaşlaşmanın göstergesi olarak görülen, malzeme, teknik ve uygulama olanaklarının gelişmesi, farklılaşması, teknolojik olanakların önünü açtığı bilgisayar teknolojisinin sanata katkısı, “Çağdaş Sanatta Fraktal Form Üretim Yöntemi Olarak Parametrik Tasarım” başlıklı Yüksek Lisans Tez çalışmasının konusunun belirlenmesinde son derece önemlidir.

Sanat eserinin üretimi sürecinde tasarımın planlanması, malzemenin belirlenmesi, işlenmesi sonucu elde edilen ile planlanan arasındaki uyum ve esere katkı, malzeme, yöntem ve tekniğin seçiminin en az sanat eseri kadar önemli olduğunun göstergesidir. Bu çalışma ile bambaşka bir noktaya ulaşmamı sağlayan, desteğini her zaman yanımda hissettiğim kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi. F. Nuri KARA’ya teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman her konuda destek veren sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

Mustafa YÜZÜKOCA
2023, Afyonkarahisar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI	ii
ENSTİTÜ ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİSİ	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

MATEMATİK VE SANAT İLİŞKİSİ

1. FRAKTAL GEOMETRİ	5
2. FRAKTAL-KAOS-DÜZEN İLİŞKİSİ	6
2.1. FRAKTAL ÇEŞİTLERİ	8
2.1.1. Sierpinski Üçgeni	8
2.1.2. Pascal Üçgeni	9
2.1.3. Koch Eğrisi ve Koch Kar Tanesi	9
2.1.4. Cantor Kümesi	11
3. DOĞADAKİ FRAKTAL YAPILAR	12
3.1. ALTIN ORAN	13
3.2. FİBONACCİ SAYILARI	15
4. FRAKTAL TÜRLERİ VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ	15
4.1. DOĞAL FRAKTALLER	16
4.2. YAPAY FRAKTALLER	18
4.2.1. Düzenli Fraktaller ve Üretim Yöntemleri	19
4.2.2. Düzensiz Fraktaller ve Üretim Yöntemleri	20

İKİNCİ BÖLÜM

FRAKTAL FORM ÜRETİMİNDE PARAMETRİK TASARIM

1. PARAMETRİK TASARIM VE ALGORİTMA	21
2. PARAMETRİK TASARIMDA MEKAN-KURGU	22
3. PARAMETRİK TASARIM İLE FRAKTAL FORM ÜRETİMİ	24
4. DİJİTAL ORTAM VE PLASTİK SANATLAR	25
4.1. PLASTİK SANATLARDA FRAKTAL TASARIM	31

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÇAĞDAŞ SANATTA FORM ÜRETİM YÖNTEMİ OLARAK PARAMETRİK TASARIM

1. PARAMETRİK TASARIM ÇERÇEVESİNDE SANAT VE DİJİTAL TEKNOLOJİ İLİŞKİSİ	37
--	----

2. PARAMETRİK TASARIMDA KULLANILAN BİLGİSAYAR PROGRAMLARI	38
2.1. RHINO CEROS/GRASSHOPPER	39
2.1.1. Rhino Ceros/Grasshopper Kullanarak Parametrik Form Üretimi.....	39
2.2. AUTOCAD.....	41
2.3. SKETCHUP	42
3. PARAMETRİK TASARIM UYGULAMALARI.....	43
3.1. PARAMETRİK TASARIM ÖRNEKLERİ VE ESER İNCELEMELERİ	43
4. ÇAĞDAŞ SANAT VE PARAMETRİK TASARIM	47
4.1. ÖRNEK SANATÇILAR VE YAPIT ANALİZLERİ	47
5. ESER METNİ	53
 TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	72
KAYNAKÇA.....	76



ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Türbülansın Fraktal Yapısı.....	7
Şekil 2. Sierpinski Üçgeni.	8
Şekil 3. Pascal Üçgeni.	9
Şekil 4. Koch Eğrisi.	10
Şekil 5. Koch Kar Tanesi.	11
Şekil 6. Cantor Kümesi.	11
Şekil 7. Fraktal Bir Sahil.	13
Şekil 8. Altın Dikdörtgen, Altın Spiral, Altın Üçgen, Pentagon Ve Pentagram Çizimi.	14
Şekil 9. Fibonacci Dizisine Doğadan Bir Örnek Olarak Ayçiçeği.	15
Şekil 10. Pisagor Ağacının Fraktal Yapısı.	17
Şekil 11. Dağların Fraktal Yapısı.	17
Şekil 12. Fraktal Nehir Deltası.	18
Şekil 13. Barnsley Eğrelti Otu Fraktalı.	18
Şekil 14. Fraktal Ağaç Çizimi, İllüstrasyon Rhett Allain.....	19
Şekil 15. Lichtenberg Figürü.....	20
Şekil 16. Sydney Opera Evi'nin Parametrik Modellemesi.	22
Şekil 17. Rietveld Schröder Evi.	24
Şekil 18. Hamid Naderi Yeganeh, a Bird in Flight, 2016.	26
Şekil 19. Kerry Mitchel, Maverick, 2018.....	27
Şekil 20. Benn Laposky, Oscillons, 1960.	28
Şekil 21. Herbert W. Franke, Cellular Automata 2, 1992.	29
Şekil 22. Manfred Mohr, Piece P-777 (2002/04), LCD Screen and PC.	30
Şekil 23. Harold Cohen, 040601, Pigment on Paper, Computer-Generated, 2004.	31
Şekil 24. Leonardo da Vinci'nin Ağaç Dallanma Modeli Etüdü.	33
Şekil 25. Bir Ağaç Dallanma Modeli.	33
Şekil 26. M. C. Escher, Circle Limit III, 1958.	34
Şekil 27. Jackson Pollock, "Autumn Rhythm" (Sonbahar Ritmi), 1950.	35
Şekil 28. Piet Mondrian, "The Red Tree" (Kırmızı Ağaç), 1910.....	35
Şekil 29. Grasshopper 3D Ortamında Bir Çalışma.	40
Şekil 30. Zhang Zhoujie, Digital Object/Triangulation Series, 2012.....	41
Şekil 31. Autocad 3D Mobilya Tasarımı Örneği.	42
Şekil 32. Waterloo International Terminal Station Kesit ve Plan Çizimleri.	44
Şekil 33. Zaha Hadid, Signature Towers, Dubai, 2006.....	45
Şekil 34. Kazimir Malevich, Alpha Architecton, 1920.....	45
Şekil 35. Zaha Hadid, Patric Schumacher, Haydar Aliyev Kültür Merkezi, 2013.	46
Şekil 36. Mark Burry, Triforyum Sütun Tertibatı.	46
Şekil 37. Naum Gabo, Küresel Temada Yarı Saydam Varyasyon, 1937, Camdan Hafif Dayanıklı Şeffaf Plastik, 56,8 x 44,8 x 44,8 cm.....	48
Şekil 38. İlhan Koman, Pi serisi 1980-83 – Mobius bandı, 1986.	48
Şekil 39. Ozan Türkkan, Subtle, Audio Visual Installation, 2016.	49
Şekil 40. Peter Kogler, ING Art Center, Brussels, 2016.....	50
Şekil 41. Refik Anadol, Aktif Strüktürler: Akustik Formasyon'un Yapı Kredi Kültür Sanat cephesinde yansıması, 2011.	51
Şekil 42. Seçkin Pirim, Gate of Zero, 2021, Maldivler.....	52
Şekil 43. Casey Reas, Solda Network A, Process 4, 2009, Dijital Çalışmasından Anlık Görüntü ve Immuring, 2011, Enstalasyon.	52

Şekil 44. Mustafa Yüzükoca, “İsimsiz”, Parametrik Düzenleme, 84 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 196x52x10 cm,(önden görünüş), 2020.....	54
Şekil 45. Mustafa Yüzükoca, “İsimsiz”, Parametrik Düzenleme, 84 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 196x52x10 cm, (yandan görünüş), 2020.....	54
Şekil 46. Mustafa Yüzükoca, “Düzenek”, Parametrik Düzenleme, 68 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 200x70x10 cm, (önden görünüş), 2022.....	55
Şekil 47. Mustafa Yüzükoca, “Düzenek”, Parametrik Düzenleme, 68 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 200x70x10 cm, (yandan görünüş), 2022.....	55
Şekil 48. Mustafa Yüzükoca, Autocad Parametrik Tasarım Çizim Aşaması -1	56
Şekil 49. Mustafa Yüzükoca, Autocad Parametrik Tasarım Çizim Aşaması -2	56
Şekil 50. Mustafa Yüzükoca, Autocad Parametrik Tasarım Çizim Aşaması -3	57
Şekil 51. Mustafa Yüzükoca, Autocad Parametrik Tasarım Çizim Aşaması 4.....	57
Şekil 52. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Sketchup Modelleme 1.....	58
Şekil 53. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Sketchup Modelleme 2.....	58
Şekil 54. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Sketchup Modelleme 3.....	59
Şekil 55. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Sketchup Modelleme 4.....	59
Şekil 56. Mustafa Yüzükoca, Lazer Kesim Aşaması -1.....	60
Şekil 57. Mustafa Yüzükoca, Lazer Kesim Aşaması -2.....	60
Şekil 58. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-1	61
Şekil 59. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-2	61
Şekil 60. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-3	62
Şekil 61. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-4	63
Şekil 62. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-5	64
Şekil 63. Mustafa Yüzükoca, “Kinesis of Shadow”, Parametrik Düzenleme, 39 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x90 cm,(soldan görünüş), 2023.	65
Şekil 64. Mustafa Yüzükoca, “Kinesis of Shadow”, Parametrik Düzenleme, 39 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x90 cm,(sağdan görünüş), 2023.....	65
Şekil 65. Mustafa Yüzükoca, “Neon Effect”, Parametrik Düzenleme, 39 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x90 cm, (soldan görünüş), 2023.	66
Şekil 66. Mustafa Yüzükoca, “Neon Effect”, Parametrik Düzenleme, 39 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x90 cm, (sağdan görünüş), 2023.....	67
Şekil 67. Mustafa Yüzükoca, “Kinesis Wave”, Parametrik Düzenleme, 25 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 58x65 cm, (soldan görünüş), 2023.	68
Şekil 68. Mustafa Yüzükoca, “Kinesis Wave”, Parametrik Düzenleme, 25 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 58x65 cm, (sağdan görünüş), 2023.....	68
Şekil 69. Mustafa Yüzükoca, “Red Size”, Parametrik Düzenleme, 25 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 58x65 cm, (soldan görünüş), 2023.	69
Şekil 70. Mustafa Yüzükoca, “Red Size”, Parametrik Düzenleme, 25 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 58x65 cm, (sağdan görünüş), 2023.	69
Şekil 71. Mustafa Yüzükoca, “Red Border”, Parametrik Düzenleme, 24 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x60 cm, (soldan görünüş), 2023.	70
Şekil 72. Mustafa Yüzükoca, “Red Border”, Parametrik Düzenleme, 24 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x60 cm, (sağdan görünüş), 2023.....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİSİ

3D: Üç Boyutlu Uzay

AKT: Aktaran

CAD: Bilgisayar Destekli Tasarım

CAM: Bilgisayar Destekli Üretim

DLA: Difüzyon-Sınırlı Kümelenme

IFS: Yinelenen Fonksiyon Sistemi

MÖ: Milattan Önce

VB: Ve Benzeri



GİRİŞ

Çağdaş sanat ve tasarım düşüncesinde; kendisini besleyen, anlamlandıran, geliştirme olanağı sunan tüm süreçlerin bilgisine sahip olmak gerekir. Sanatın bilinen ilk örneklerinden bugüne özellikle matematik ve geometrinin hem planlama hem de algılama boyutuna önemli katkıları olması sebebiyle, sanatsal üretim süreci ve sonucu değerlendirmede son derece gereklidir. Bilim ve sanat, esin ve yaratıcılık açısından benzerlik gösterir. Sanatçı, bazı simetri ve oranları bilinçli olarak oluştursa da, sanat eserinin sezgisel, öznel düşünce ve hayal gücünün bir ürünü olduğu gerçeği değişmez. Görsel sanatlarda kullanılan perspektif, oran, simetri ve şekil verilişlerinde mutlaka görünmez bir sayısal hesaplama vardır. Bilimin olmazsa olmazı sayılar ve matematik, sanatla kesiştiği noktada bir anlam ifade eder. Fraktal geometri, kaos teorisi, karmaşıklık, kesirli boyutlandırma, kendine benzerlik merkezli bir düşünce ile üretilen sanat; paradoks, düzen ve düzensizlik konularından beslenmiştir. Geleneksel düşüncede düzen; statik, hareketsiz bir kendiliğindenliktir. Zamansal ve mekansal düzende her şey adeta kristalleşerek donmuş bir yapı özelliğindedir. Buna karşılık hayat, düzenin dinamik yapısını temsil ederken bir yandan da bozularak kaosa imkan tanıyan bir evrimsel gerçekliktir. Her canlının tanınmasına ve kavranmasına olanak sağlayan kendisine özgü tipik bir yapısal görünümü vardır. Bu görünüm temelde her canlıda belli başlı özellikleri barındırsa da, bireysel ölçekte irili ufaklı farklılıklarla kendisini gösterir. Bu demektir ki, görünüşte benzer dışsal (biçimsel) özellikler taşımalarına rağmen hizmet ettikleri amaca ve işlevlerine göre bazı noktalarda ayrışırlar. Tam da bu noktada ayrışmaların hangi düzen ve esaslara bağlı gerçekleştiğinin anlaşılmasını sağlayan bilimin ışığında, matematiksel ifadelerle açıklanmasının önemi ortaya çıkar. Burada doğaya ait varlıkların karmaşık girift yapısıyla nesneler dünyasının aynı bilgilerle açıklanamayacağı sonucuna ulaşmak gerekir. Çünkü doğadaki varlıkların yapısında işlevsel bir diziliş bulunmaktadır. Burada bir öncelik ve sonralık söz konusudur ve hiyerarşik bir düzeni ifade eder. Buna göre düzen hiyerarşisi ile canlıların düzenini ilkesel olarak anlamak mümkündür ancak gerçekten anlamak için belli bilimsel veriler ve izahlara ihtiyaç vardır. Koşullara, zaman ve mekansal faktörlere doğrudan bağlı olan bu sürecin bilinmesi, düzen ve kaos kavramlarının açıklanabilmesine olanak sağlar.

Teknolojinin geldiği nokta, bilgisayar ve dijital üretim olanaklarının beraberinde getirdiği farklılaşma, üretim hızı ve yeni anlatım biçimlerine ortam hazırlaması sanatı ve sanatçıyı bu gelişmelerden ayrı tutamamıştır. Dijital ortam ve bilgisayar teknolojisi

sanatçı için bir yaratım alanı, bir çeşit planlama ve sonucu görme olanağı olarak görülmektedir. Hem çağın gereklerine göre hareket etmek hem de yeniliklere açık olmak onu değişen dünyayı yakalayan bir birey yapacaktır. Üstelik bunu doğru adımlarla yaparsa sanatına büyük katkı sağlamış olacaktır. Bunu yaparken sanatın temel estetik değerleri, yıllar içindeki yolculuğu, barındırdığı düşünce, iç anlam ve kendi iç mekaniği yol göstericilik yapmıştır. Tıpkı Walter Benjamin'in savunduğu gibi; sanat yapıtı, içinde bulunduğu koşullardan bağımsız düşünülemez. O nedenle sanatın işlevi de içinde bulunduğu dönemin koşullarına göre değişiklik göstermiştir.

Bilgisayar olanaklarıyla yapılan fraktal sanat çalışmaları dijital sanat çalışmalarıyla benzer özellik taşımaktadır. Kaos ve karmaşıklık her iki üretim yönteminin de algoritmalarla temellendirilmesini sağlamıştır. Kendini doğrudan teknikle sınırlandırmayan sanat, bilgisayar ortamının algoritmik işleyişi ve varyasyon üretim süreçleriyle alışveriş halindedir. Doğanın yol gösterici formlarından ve fraktal çözümlerinden doğrudan etkilenen sanat, kendini tekrar ve sonsuzluk özelliğiyle yinelenerek başka boyutlara ulaşmış olur. Bu başka boyutlara ulaşma esnasında yeni tasarım ve sanatsal üretim metotları geliştirmek dijital üretim süreçlerinin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bu sürecin en çarpıcı tasarım ve üretim tekniği kuşkusuz fraktal geometrisinin matematiğiyle oluşturulan parametrik tasarım yöntemleridir. Parametrik tasarım aslında bir bakıma fraktal geometrisinin günümüz dijitalleşme çağına uyum sağlama sürecinin önemli bir göstergesidir. Tekrar eden örüntüler sayesinde parça-bütün ilişkisi üzerinden tek bir fikirle sayısız varyasyon geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Çalışmanın amacı; genel hatlarıyla teknoloji-sanat çerçevesinde dijital gelişmelerin sanata katkılarına değinmek, çağın koşullarına göre kendisini geliştiren ve yenilikçi bakış açısıyla sanat eseri ortaya koyan sanatçıyı çağdaş yöntemler boyutunda değerlendirmektir. Bu bağlamda matematik ve doğa bilimlerinin konusu olan fraktal geometri ve beraberindeki kaos, düzen, düzensizlik kavramlarının sanat/tasarım düşüncesindeki yansıması olarak görülen fraktal tasarımın, sanattaki uygulamalarına örneklerle yer vermektir. Son olarak dijital bir yöntem olan parametrik tasarımın fraktal form üretiminde sanata katkılarının araştırılması, örneklendirilmesi ve konuya ilişkin uygulama çalışmalarıyla desteklenmesi çalışmanın öncelikli amaçları arasındadır.

Çalışmanın önemi; geçmişten günümüze hem matematik hem fraktal geometri hem de dijital olanaklardan fazlasıyla yararlanan görsel / plastik sanatlar üzerinden

parametrik tasarımla ilişkilendirilerek yapılmış bir araştırma çalışması olması bakımından önem taşımaktadır. Bu açıdan bakıldığında özellikle teknolojinin etkisiyle değişen sanatsal üretim sürecinin bir takım eleştirilere maruz kaldığı çağdaş sanat içerisinde dijital sanat - parametrik tasarım bağlamında ilgili örnekler sunmak, alana katkı anlamında oldukça önemli görülmektedir.

Çalışmanın kapsamı; matematikte var olan fraktal yapı ile doğadaki yapının bir tasarım unsuru olarak kullanılması konularına ilişkin genel kuramsal bilgiler ve örneklerin yanı sıra, parametrik tasarım aracılığıyla plastik sanatlara dijital bir yöntemin dahil edilmesi düşüncesine ilişkin ulaşılabilen tüm kuramsal bilgi ve uygulamalar bu çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır.

Çalışmanın sınırlılıkları; özellikle mimari ve endüstriyel ürün tasarımında kullanılan bir yöntem olan parametrik tasarım, çok sayıda alternatif tasarım üretim içlerinden en ideal olanı belirlemeye yarar. Ancak bu özelliği belirli alanlarla sınırlı tutulmuş, tüm araştırma çalışmaları bu alanları kapsayacak şekilde sonuca ulaştırılmıştır. Karşılaşılan bu durum sebebiyle doğrudan sanat/tasarım tekniği olarak düşünülmeyen parametrik tasarımla ilgili kaynakları değerlendirmek, parametrik tasarımın sanat alanında kullanımına ilişkin yorumda bulunmak çalışmanın belirli açılardan sınırlılığını oluşturmuştur. Ancak bu sınırlılık aynı zamanda bu alandaki kaynak eksikliğini gidermeye katkı sağlama ihtiyacı doğurmuştur. Bu durum çalışma konusunun önemine vurgu yapmaktadır.

Çalışmanın yöntemi; belirlenen çalışma konusuyla ilgili materyallerin toplanmasında öncelikli olarak kaos, düzen, fraktal geometri, fraktal sanat, dijital sanat, çağdaş sanat ve parametrik tasarım ile ilgili ulaşılabilir nitelikte olan her türlü yerli/yabancı yayın, tez çalışması ve görsel kaynak sistemli bir şekilde toparlanarak literatür taraması yapılmıştır.

Dijital sanat açısından bakıldığında, konuya ilişkin yeteri kadar sanatçı ve eser örnekleriyle karşılaşılırken, parametrik (algoritmik, hesaplamalı) tasarım yöntemiyle ortaya konulan çok az sanatla ilişkilendirilen eserle karşılaşmıştır. Bu da hem kaynak hem de örnek sanatçı ve eser inceleme süreçleri açısından kısıtlılık yaratmıştır. Endüstri ürünü ve mimari yapı tasarımında; işlevsellik, kütle, ışık, renk, düzlem, mekan ve malzeme öğeleri son derece önemlidir. Bu açıdan bakıldığında aynı ortak noktada kesişen ve çağının gereklerine göre hareket eden çağdaş sanatçıyı, malzeme, teknik ve

sanatsal üretim yöntemi olarak hesaplamalı bir tasarım yönteminin olumlu yönde destekleyeceği düşünülmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında üç bölümden oluşan bu çalışmanın birinci bölümünde; konuyla ilintili olarak matematik, bilim ve sanatın kesiştiği noktalardan hareketle; fraktal geometri, kaos teorisi ve dolayısıyla düzen-düzensizlik kavramları kuramsal temelleri ve üretim yöntemleriyle birlikte alt başlıklar halinde verilmiştir.

İkinci bölümde; parametrik tasarımın algoritmik yapısı, parametrik mekanın kurgulanması, parametrik tasarım yoluyla fraktal form üretimi ve dijital ortamın plastik sanatlarda fraktal tasarım oluşturulmasına olanak sağlamasıyla ilgili süreçlere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde; parametrik tasarım uygulamalarına yer verilerek, bu uygulamalar üzerinden çağdaş sanatta bir form üretim yöntemi olarak nasıl kullanıldığı çalışma konusuyla doğrudan ilişkili sanatçı ve sanat eserleriyle örneklendirilerek verilmiştir. Çalışmanın eser metni başlığında, taslakları parametrik düşünce ile oluşturularak çizim ve modellemeleri AutoCad ve SketchUp programları ile hazırlanan tasarımların bir kısmı manuel kesim, bir kısmı lazer kesim ile birimler halinde hazırlanıp tasarım doğrultusunda birleştirilerek renklendirme işlemi yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

MATEMATİK VE SANAT İLİŞKİSİ

1. FRAKTAL GEOMETRİ

Fraktal geometri çerçevesinde bilim ve sanatın ortak noktası doğa olarak görülmektedir. Bilimin anlamlandırma aracı matematik, sanatın ise hayal gücü ve yaratıcı düşünceyi aktarmaya yarayan her türlü teknik ve malzemedir. Sanatta perspektif, oran ve simetrinin ölçülebilirliği matematikle ifade edilebilir. Böylece sanat ve matematik arasında hesaplanabilir estetik bir bağ kurulmuş olur. Matematik ve sanat ilişkisinden bahsederken fraktal geometriye mutlaka değinmek gerekir. Çünkü fraktal geometrinin temelinde basit geometrik kuralların yinelenmesi ile birtakım şekiller elde etme vardır. Yinelenen şekiller ile elde edilen fraktal biçimler sonsuz karmaşıklıkta ortaya çıkarır. Sonsuz karmaşıklık kaos düzenlemesini oluşturur. “Doğal dünya, geleneksel geometrinin suskun kaldığı karmaşık ve düzensiz yapılarla doludur” (Stewart, 2012: 321). Tüm bu yapıların sanatsal oluşumlarda yer alması sanat, bilim ve felsefenin birbirinden beslendiği gerçeğinin göstergesidir. Öte yandan doğada en büyük örneklerini bulan Fraktal yapı; doğanın dengeli yapı ve mükemmel düzeninin karmaşıklıkla açıklanmasına olanak tanır. Böylece doğadan beslenen sanat disiplinleri bu düzenli kaos ortamından faydalanır.

Geometrinin yeni bir dalı olan Fraktal geometriyi kuran bilim insanı ve matematikçi Benoit Mandelbrot, fraktal kelimesini Latince kırılma, bölünme anlamına gelen fractus, İngilizce ve Fransızcada fracktion olarak kullanılan kelimedenden türetmiştir. Mandelbrot, Öklit geometrisindeki soyutlanan şekillerin kusursuzluğu ve düzgünlüğünün (doğru, dörtgen, üçgen, çember, düzlem vb. kusursuz kabul edilir) gerçeğe ilgisi olmadığını, dolayısıyla bu geometri ile gerçeğin ifade edilmeyeceğini savunmuştur (Çakmak, 2011: 25). O’na göre: Öklid geometrisi kullanılarak düzensiz ve karmaşık formların modellenmesi kısmen yetersiz kalmaktadır. Öte yandan, fraktal geometri düzensiz karmaşık formların ve yapıların matematiksel olarak ifade edilmesine olanak sağlar. Fraktal geometri doğada düzensiz gibi görünse de, analiz edildiğinde kendi içinde bulunan, birbirinin benzeri, hatta kopyası yapılarıdır. Böylece resim boyunca düzenli bir form çoğaltılır. Fraktal boyut, doğadaki şekillerin veya nesnelerin karmaşıklık düzeylerini gösteren bu formun sayısal bir değeridir (Çimen, 2020: 3). Fraktal geometri temelde bir boyut anlatır. Buradaki boyut soyut bir kavramdır. Bir

nokta tek başına boyutsuzlukken, çizgi tek boyutlu, yüzey iki boyutlu, katı nesneler ise üç boyutludur. Boyutluluk kavramına zaman ile birlikte dördüncü boyut da eklenmiştir. Boyut konusu fraktal geometrinin kesirli boyut kavramı ile başka bir bakış açısı kazanmıştır. Fraktal boyut sayesinde bir yapının karmaşıklığı çözümlenebilir hale gelmektedir. “Buradaki karmaşanın ortak noktası, parçalar arasında benzeme özelliği gösteren bir geometri yaratmasıdır. Önemli olan, şimşegin akış yönü değil, kırılmaların nasıl bir dağılım sergilediğidir. Gerçekte bu kırılmalar ayrıntıda Öklid geometrisinin temel ilkeleri ile herhangi bir çelişki yaratmazlar. Konunun özü, parça ile bütün arasındaki hiyerarşik ilişkide yatmaktadır” (Yurtsever, 2014: 99). Bu ilişki zaman içerisinde gökbilimciler, sanatçılar, sanat eleştirmenleri ve biyologlar için de araştırma konusu olmuştur.

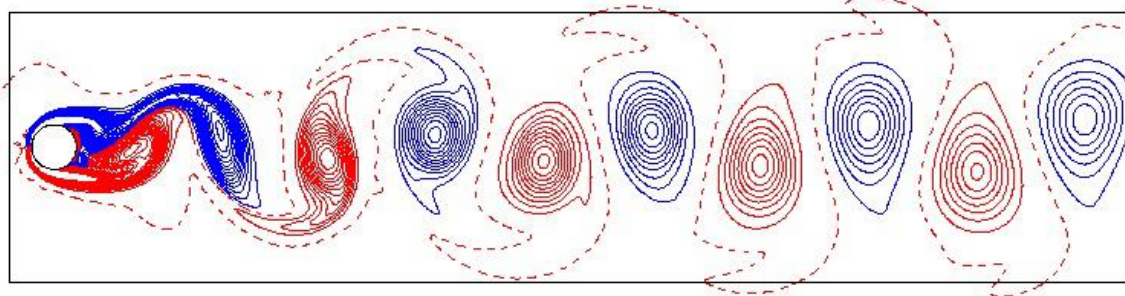
2. FRAKTAL-KAOS-DÜZEN İLİŞKİSİ

Ünlü fizikçi Stephen Hawking’in 1980 yılında Cambridge Üniversitesi’nde verdiği “Teorik fiziği sonuna mı yaklaşıyoruz?” isimli konferansının ardından 21. Yüzyıla kadar gerek klasik fizikte ve gerekse kuantum fiziğinde irdelenmemiş bir konunun kalmadığı düşünülmektedir. Birçok doğa olayının- atmosfer, deniz suyunun hareketleri, kalp ve beyin titreşimlerindeki düzensizlikler, bulut kümeleri, türbülans hareketleri vb. gözlemlenebilecek pek çok olayın klasik fizik yasaları ile çözümlenemeyeceği fikrinden hareketle çalışmalara başlayan fizikçiler, bu düzensizliği, bu bilinmezliği kaos olarak adlandırmışlardır (Çakmak, 2011: 20-21). Öte yandan Yunan mitolojisine göre bundan çok daha önce Kaos’un varlığından söz edilmektedir. M.Ö. 8. Yüzyılda yaşamış halk ozanı Hesiodos “Thegonia” adlı eserinde Kaos’u, karanlık, sessiz, sonsuz ve düzenden yoksun bir boşluk olarak tanımlamıştır (Yurtsever, 2014: 91). Buna göre insanoğlu, düzenden yoksun bu bilinmezlik ortamında düzen ve düzensizlik arasındaki karmaşık yapıyı kavramakta zorlanmıştır.

Fraktal geometride tıpkı Kaos teorisinde olduğu gibi kendini belli bir düzende tekrar söz konusudur. “Fraktal geometri kaos teorisiyle yakından bağlantılıdır ve tıpkı kaos teorisi gibi, farklı düzeylerde simetrileri ölçeklendirmeyi vurgular” (Hayles, 2010: 69). Bu değerlendirme “kendine benzerlik” ve “kesirli boyut özelliği”nden dolaydır. Kaos teorisinde paradigmatik bir dönüşümle birlikte kaotik bir yinelenme vardır. Fraktal yapıda da doğal nesnenin oluşumundan itibaren en küçük parçadan yinelenme yoluyla bütünü gösterme özelliği bulunur. Böylece bütünden koparılan her bir parça bütünün temsili olabilecek özelliktedir. Bu da bütünün nasıl oluştuğunu göstermesi açısından

önemlidir. “Kaos, durağanlığın ve ayrıntının küçük ölçeklerinde boğulmak yerine, devingenliğin ve ölçekler arası genellenmenin kurallarını bulgulama peşindedir. Zaman dondurulmuş kesitlere bakmak yerine zaman boyutundaki kaotik sürecin incelenmesi, insanoğluna daha büyük ipuçları vermektedir” (Yurtsever, 2014: 93). “Fraktal geometrik şekillerin önemli özellikleri, başlangıç şartlarına hassas bağlılık, sonsuz karmaşıklık ve özbenzeşimdir. Görüldüğü gibi, kaotik sistemlerle ortak olan birçok özelliğe sahip olan fraktal geometri “kaosun resmi” olarak da anılır” (Cınbarcı, 2016: 102).

Şekil 1. Türbülansın Fraktal Yapısı.



Kaynak: Cınbarcı, 2015: 102.

Görselde görüldüğü üzere çok sayıda döngünün aynı anda var olduğu türbülans yapıda hareketi oluşturan düşük frekanslı ya da geniş dalga boylu enerjidir. Dalga boylarının giderek çözülmesi ve daralması girdapların içinde de daha küçük girdaplar oluşmasına olanak sağlar. Böylece iç içe geçmiş pürüzlü ve düz bölgelerin büyük ölçekten küçük ölçeğe doğru kendini tekrar ederek fraktal bir yapı oluşturduğu görülür (Cınbarcı, 2015: 15).

Öklid Geometrisi’nde tam sayılarla ifade edilen Fraktal Geometri nesnenin pürüzlülük derecesi olarak değerlendirilir. Pürüzlülüktan kasıt; doğada bulunan ve yakınlıştıkça şekli belirleyen sınır çizgilerinde ortaya çıkan girinti ve çıkıntılardır. Nesne daha da büyütüldükçe bu girinti çıkıntıların sonsuz kere bölünüp çoğalarak gittiği düşüncesidir.

Çevreleriyle dengede olan kapalı sistemler, rastgelelik ve düzensizliklerini en üst düzeye çıkararak niteliksiz bir duruma doğru hareket ederler. Bunun aksine dissipative (düzen doğuran) bir sistemde madde ve/veya enerji, çevreden sisteme sürekli akıştadır. Bu da sistemin dengeden uzak bir halde kalmasını sağlar; böylece içyapının gelişimi ve korunumu mümkündür. Bu madde veya enerji akışı sayesinde sistemin içsel entropisi azalır ve böylece kaostan düzen meydana gelmiş olur (Cınbarcı, 2016: 102-103). Bunun sebebi; karmaşa oluşturduğu sanılan kaotik bir görüntünün aslında matematiksel bir

düzenin uzantısı olduğu gerçeğidir. Düzensiz olduğu düşünülen oluşumlar gerçekte bilimsel bir düzene işaret eder.

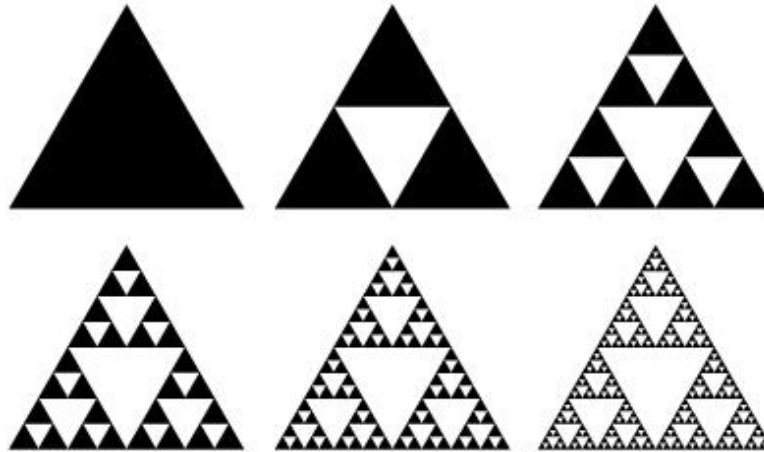
2.1. FRAKTAL ÇEŞİTLERİ

Mandelbrot, 19. Yüzyılda yaşamış bazı matematikçilerin yapıtlarının kendi fraktal çözümlemelerine vurgu yaptığını, sonsuzluğu hatta kaotik sonlu mekanlarda sonsuz bir yapılaşmanın varlığına işaret ettiğini gözlemlemiştir. Bu matematikçiler Waclaw Sierpinski, Blaise Pascal, Helga von Koch ve Georg Cantor'dur (Çakmak, 2011: 26). Bu matematikçiler aynı zamanda bazı kaynaklarda matematiğin canavarları olarak işaret edilirler. Onların hesaplama yöntemleriyle Fraktallerin oluşumundaki temel özellikler karmaşık şekillerin temsillerinde problem çözümü için yol gösterici olmuştur.

2.1.1. Sierpinski Üçgeni

Matematikçi Waclaw Sierpinski'nin 1916'da bulduğu ve kendi adıyla anılan Sierpinski üçgeni, (Sierpinski Kalburu ya da Sierpinski Şapkası) fraktallerin ilk örneği olarak tanımlanmaktadır. Bu fraktal türü yer değiştiren, atılan parçalardan oluşmaktadır. Kenar uzunlukları 1 birim olan bir eşkenar üçgen, kenarlarının orta noktalarından birleştirilerek birbirlerine eş üçgenler oluşturur ve ortada oluşan üçgenin çıkartılması ve bu işlemin tekrar edilmesi ile elde edilirler (Genç, 2019: 12).

Şekil 2. Sierpinski Üçgeni.



Kaynak: Cplusplus, 2022.

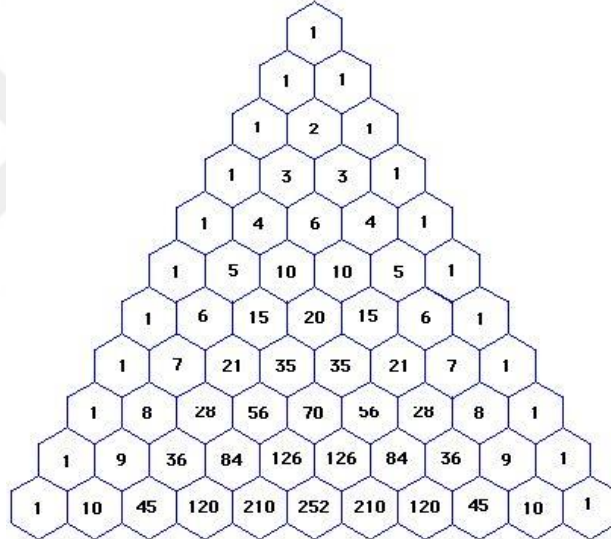
“Bu şeklin hayal bile edilmesi güç bir özelliği, üzerindeki herhangi bir noktanın bir dallanma noktası, yapıdaki bir çatallanma yeri olmasıydı” (Gleick, 2020: 124). Böylece sonlu bir mekan, sonsuz sayıda elemana ayrılmış olur (Çakmak, 2011: 27). Yakından bakıldığında iç içe geçmiş üçgen yapı bozulmadan küçülen ölçeklerde

sonsuz kadar kendini tekrar eder özelliktedir. Bunu sağlayan şey geometrinin biçimsel gücüdür.

2.1.2. Pascal Üçgeni

Fransız matematikçi Blaise Pascal'ın adıyla anılan üçgensel bir dizidir. “Pascal üçgeni'nin Sierpinski üçgeni ile ilişkisi bulunmaktadır. Pascal üçgeni içindeki tek ve çift sayıların farklı renklere boyanmasıyla, fraktal geometride ve kaos teorisinde rolü olan Sierpinski üçgeninin yapısına ulaşılmaktadır” (Genç, 2019: 13). Öte yandan binom katsayıları (pozitif tam sayılar) oluşturulacak şekilde düzenlendiğinde elde edilen Pascal üçgeni, köşegenler üzerindeki sayıların toplanması ile de Fibonacci sayılarını vermektedir. Pascal üçgeninde bir satırın toplamı bir önceki satırın toplamının iki katıdır. Başka bir deyişle 2'nin kuvvetleridir.

Şekil 3. Pascal Üçgeni.



Kaynak: Karaçay, 2007.

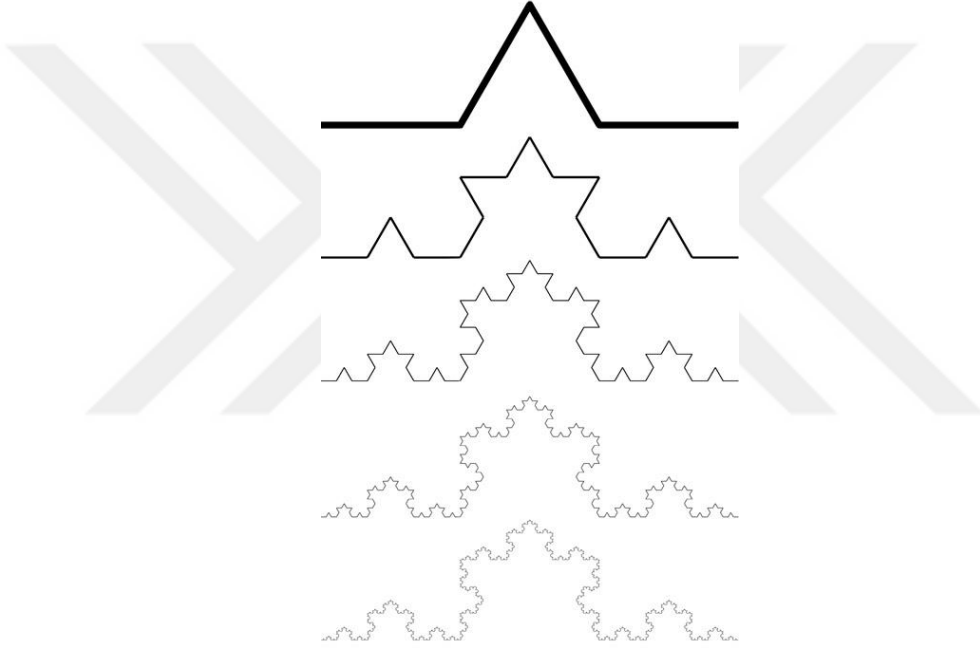
2.1.3. Koch Eğrisi ve Koch Kar Tanesi

Alman matematikçi H. von Koch 1904 yılında Koch eğrisini, sonsuz uzunluktaki sürekli bir eğri olarak incelemiştir (Bergil, 2009: 110). Fraktal örüntüler, “sonsuz kenar uzunlukları olmasına rağmen sonlu (sınırlı) alanları çeviren şekiller içerir” (Cınbarcı, 2015:19). Koch eğrisi bu şekilde sonsuz kenar uzunluğu ile, eşkenar bir üçgenin uç kısımlarının sürekli olarak ve simetrik bir şekilde katlanmasıyla oluşur. “Her parçalanışta çizgi bir öncekinden uzundur. Koch eğrisi bir paradokstur. Eğri her adımda ölçülebilir gibi görünse de matematiksel olarak devamlı kırılmalar yaşadığından boyu sonsuz kabul edilir. Bu da onun ölçülemeyeceği anlamına gelir. O zamanlar tam

anlamlandırılmamış bir eğri kabul edilmiştir; ancak Koch Eğrisi, sıkıntılı bir ölçüm probleminde, kıyı şeridinin ölçülmesinde kesin sonuç vermiştir” (Gülderen, 2017: 12).

Üretken fraktallerin ilk adımı sayılan bu sonsuzluğa sahip eğride hiçbir pürüzlülük yoktur ve bu “eğriyi belirli açılarda kesmek, içinde gizlenen Cantor kümelerinin sonsuzluğunu ortaya çıkarmaktadır. Koch'un fark etmeden yaptığı bu tanım, sonsuz uzunluktaki kıyı şeritleri ve arterler gibi gerçek dünyanın modelleri için eğrilerin ideal olmasını sağlamıştır” (Turhan, 2018: 18). Bu eğriler ne kadar büyütülürse büyütülsün bütünüyle birbirinin aynı görünmeyi sürdüren motifler özbenzeşime işaret eder.

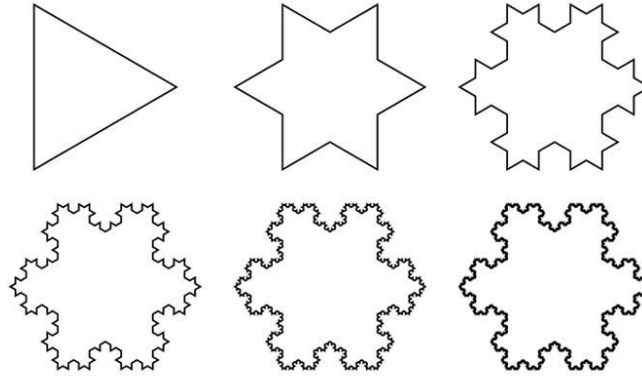
Şekil 4. Koch Eğrisi.



Kaynak: Çakır, 2006: 70.

Bu kendini sonsuza dek tekrar eden şekiller ve bu yapıların sınırlarını oluşturan çizgilerin karmaşık yapıları sebebiyle matematiksel olarak tek boyutlu çizgiler olarak nitelendirilmeleri doğru değildir. “Zira bu şekillerdeki kenarları oluşturan algoritma (matematiksel bir fonksiyonun tekrar tekrar hesaplanması anlamında) bir “iterasyon”dur ve iterasyon sonsuza ilerlerken ilginç bir şey olur: Kenar uzunluğu sonsuza giderken, alan hep sınırlı kalır” (Cınbarcı, 2015: 20).

Şekil 5. Koch Kar Tanesi.



Kaynak: Gülderen, 2017: 11.

“Koch’un kar tanesi, eşkenar bir üçgenle başladıktan sonra sürekli olarak her kenarın orta üçte birinin çıkartılarak, yerine çıkartılan parçadan iki tane eklenmesi yoluyla oluşturulan basit bir fraktal biçimdir” (Cınbarcı, 2015: 20). Bu kar tanesi kristalinin bu yolla oluşturduğu küçük üçgen büyük üçgenin $1/3$ ’ idir ve bu yapı sonsuza dek tekrarlanabilir niteliktedir (Tepe, 2014: 13).

2.1.4. Cantor Kümesi

Bir başka fraktal çözümleme Alman matematikçi Georg Cantor’un adıyla anılan bir tür kümeleme yöntemidir. “G. Cantor giderek ‘incelik yok olan’ türden dallanma ya da dağılmalar gösteren kümeleri incelemişti” (Bergil, 2009: 109). Cantor’un incelediği ve adıyla anılan türden kümelerde “Cantor dizisini oluşturmak için bir doğru parçası alınır. Doğru parçası üç eşit parçaya ayrılır. Ortadaki üçte birlik kısmı silinir. Geri kalan parçaların da ortalarındaki üçte birlik kısımları çıkarılır ve bu işlem sonsuza kadar tekrarlanırsa elde edilen yapının adı Cantor Tozu’dur. Bu tozun koordinatları bir cantor dizisi oluşturur” (Gülderen, 2017: 10-11).

Şekil 6. Cantor Kümesi.



Kaynak: Gleick, 2020: 115.

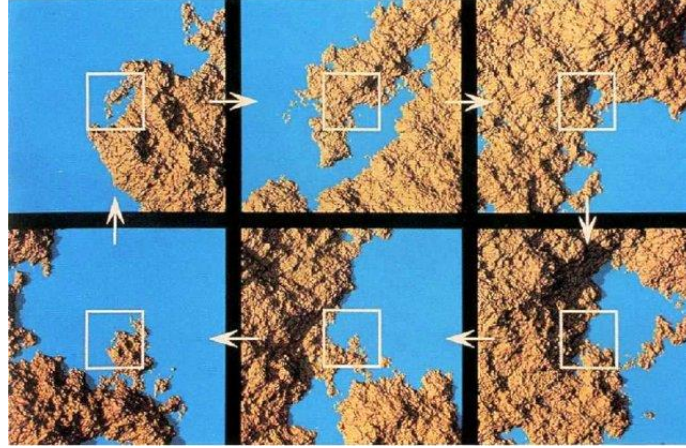
Ardışık adımlarla sonsuza dek sürdürülen bu işlem sonucunda kümeler halinde sonsuza giden garip bir toz kümesi elde edilmiş olur (Yurtsever, 2014: 101).

3. DOĞADAKİ FRAKTAL YAPILAR

Doğadaki canlı, cansız varlıklara bakıldığında bir takım özellikler görülür. Bir dağın girintili, çıkıntılı, düz ya da sivri tepelerden oluşması, bir ağacın kalın, girintili, çıkıntılı bir gövde, gelişigüzel uzanan dallardan, yapraklardan ibaret olması, insan ya da hayvanların içyapılarındaki dağınık yapılaşma gibi. Doğadaki bu kendine özgü yapılaşmayı daha iyi anlayabilmek, bilimsel yasalar ve bir takım bilgilerden faydalanmayı gerekli kılar.

Doğanın kusursuz olarak nitelendirilen yapısından bahsederken aslında var oluş amacına da değinmek gerekir. Lenoir'e göre (2005: 55) doğa: “ortaya koyduğu yaratığın yaşaması ve varlığını sürdürmesi, varlığını koruması ve üremesi yönünde davranır; bunu yaparken de onun güzel ya da çirkin görünmesi gibi bir kaygı taşımaz”. Doğanın işlevi ile ilgili bu bakış açısını desteklemek ve doğayı daha iyi tanımlayabilmek için ortaya konan fraktal geometride Öklid geometrisindeki gibi düz, yuvarlak form tasvirleri yerine; girintili çıkıntılı, kırık, bükük, birbirine geçen karmaşık şekiller içermektedir. Doğada ve gündelik hayatta rahatlıkla karşılaşılabilecek bu kaotik ancak kendi içinde düzeni olan bu fraktal yapıya “ağaçların dalları, kan damarları, kasırga gibi şiddetli rüzgarlardan yerdeki yaprakları havalandıran hafif rüzgarlara kadar azalan hava akımlarının dizilimi, uzaktan bakıldığında fark edilmeyen yakından bakıldığında ise farklı desenlere sahip kar taneleri, hatta normal kalp atışı ritmi bile -kalp kaslarındaki sinir lifleri”nde rastlanmaktadır (Genç, 2019: 2). Doğanın kendine özgü yapısı içerisinde rahatlıkla fark edilebilen farklı ölçeklerde kendini tekrar eden karmaşık biçimsel dizilişi, Öklid'in geleneksel geometrisindeki idealize soyutlamalardansa, Mandelbrot'un yeni fraktal geometri metoduna ihtiyaç duyar. Çünkü doğadaki düzgün olmayan, kırıklı, girintili çıkıntılı yapı tesadüfi ya da kazara meydana gelmiş bir olgu değildir. İlk bakışta tuhaf gelen tüm şekillerin doğanın iç işleyişi açısından bir anlamı ve önemi vardır.

Şekil 7. Fraktal Bir Sahil.



Kaynak: Paszto vd., 2011: 197.

Bilgisayarda üretilen bir kıyı şeridi görüntüsünde ayrıntılar rastgele verilse de fraktal boyut sabittir. Böylelikle görüntü istenildiği kadar büyütülsün pürüzlülük ya da düzensizliği aynılığını sürdürür (Gleick, 2020: 119).

3.1. ALTIN ORAN

Bazı doğaya özgü formların, doğal strüktür yapıların oluşum süreçlerinin açıklanmasında matematik bir sayı dizini, kurallı bir dizi geometrik ifade araçlarına ihtiyaç duyulmasından ortaya çıkan altın oran, aynı zamanda bu biçimlerin düzen ve bu düzene bağlı estetiğini de belirlemektedir. Tasarımdaki bu matematiksel ifade ve oransal yaklaşım ile uyum ve denge aynı zamanda işlevsel oluşumu ortaya koymaya olanak sağlar.

Altın oran, irrasyonel ve bir cebirsel sayı olmanın ötesinde, öncelikle Öklid geometrisinde belirgin bir yere sahiptir. Buna göre, altın oran ile bir üçgen, piramit ya da sarmalda karşılaşılması son derece olağandır. Altın oranı basit bir şekilde örneklendirmek için bir doğru parçasının ikiye bölündüğü varsayıldığında bunlardan sol taraftaki parçanın uzunluğu $u=1$ ise, sağdaki parçanın uzunluğu $v:0,618...$ olur (Özsöylev, 1997: 100). Böylece “herhangi bir geometrik biçimde, parçalar arasındaki orantıda, küçük parçanın büyük parçaya olan oranı, büyük parçanın bütüne oranına eşittir” (Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, Cilt 1, 1997: 75). Buna göre U ’nun uzunluğun tamamı olan $U+V$ ’ye oranının sonucu V ’nin U ’ya eşit olmasıyla açıklanır. $U/U+V=V/U$ ’yu verir. U/V ’nin oranı q ile ifade edilirse $1+1/q=1+V/U=U+V/U=U/V=q$ eşitliğine ulaşılır. Bu denklemin sonucu altın oranı verir (Özsöylev, 1997: 100).

Şekil 8. Altın Dikdörtgen, Altın Spiral, Altın Üçgen, Pentagon Ve Pentagram Çizimi.

Yüzyıllardır boyutlandırma, düzen ve uyum açısından başvurulmuş matematiksel yapılar ve eserlere örnek olarak Atina'daki Parthenon Tapınağı'nın ön cephesinin altın dikdörtgen üzerine oturtulması verilebilir. Aynı tapınak içerisinde pek çok yapının benzer özellik taşıdığı bilinmektedir. Mısır'daki Keops Piramidi'nden Paris'in ünlü Notre-Dame Katedrali'ne, Leonardo da Vinci'nin tablolarından Le Corbusier'in modern mimarisine kadar her yerde altın oranla karşılaşmak mümkündür (Özsöylev, 1997: 100).

“Fibonacci dizisi ile Altın Dizi’nin doğa ve sanattaki ‘parçaların bütünüle uyum içinde büyümesi ve çoğalması’ olgusuyla çok yakın bir ilişkileri vardır. Nitekim Altın Oran ve Altın Dizi’nin doğada ve sanatta oynadığı rol, “basit eklemeler (aritmetik dizi) yoluyla, geometrik bir çoğalma (geometrik dizi) gösteren bir dizi benzer şekil üretmesidir” (Bergil, 2009: 74).

ile geçirdiği evrimsel süreçleri fraktal yapılarla açıklanmaktadır. Bu noktada yapılması gereken sınıflandırmada en temel kaynak doğanın kendisidir. Öte yandan doğanın kendi kurallar bütünü içerisinde gerçekleşen geometrik yapısının insan eliyle yapılması da söz konusudur. Bunun sonucunda fraktal yapılar genel olarak doğal fraktaller ve yapay fraktaller olarak iki gruba ayrılırlar.

Bir sıradağın yapısı, nehirlerin çatallanmış yapıları, ağaç dallarının ve yaprakların damar şeklindeki yapıları, canlılardaki dolaşım sistemi, gezegenlerin güneş sistemi içerisindeki yörünge özellikleri, salyangoz ya da deniz kabuklarının formları birer fraktal boyutlu sistemler bütünüdür (Uysal, 2019: 32). Bu yapılar doğal fraktallere birer örnektir ve bu örnekler çoğaltılabilir. Doğadaki dinamik ve kaotik sistemlerin modellenmesi; “belirlenemez olanın araştırıldığı, rastlantısallığın nedenlerinin incelendiği ve doğrusal olmayan davranışların ardındaki düzenin arandığı” çalışmalardır (Kavurmacıoğlu ve Arıdağ, 2013: 63). Bu çalışmalar sonucu doğadakine benzer yapıda fraktal yapılar ve yapay yaşam formları oluşturulabilmektedir (Uysal, 2019: 33).

Fraktallerin oluşturulmasında çeşitli üretim yöntemleri kullanılmaktadır. “Gerek matematiksel kurallar gerekse dönüşüm kuralları ile fraktallerin üretilmesinde en önemli faktör tekrardır. Biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak da tanımlanan fraktaller, çevrimli algoritmalar yardımıyla günümüzde bilgisayar destekli modellerle de oluşturulabilmektedir” (Schmitt ve Chen, 1991’den akt. Gözübüyük, 1996: 35). Bu nedenle en önemli fraktal üretim yönteminin, bilgisayar teknolojilerinden faydalanılarak oluşturulan tasarım ve modelleme olduğunu söylemek yanlış olmaz.

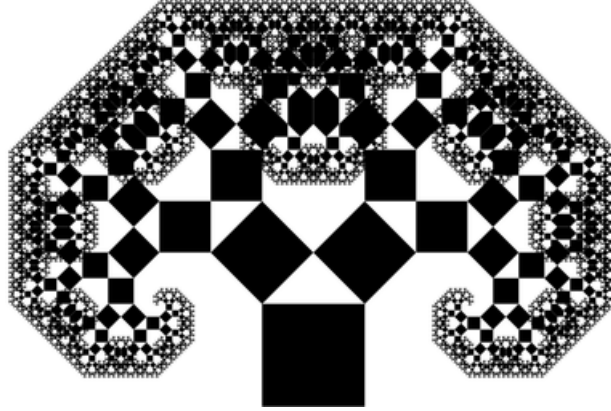
4.1. DOĞAL FRAKTALLER

Doğal fraktaller; doğadaki canlı yapıların kendi yaşam koşullarına uygun olacak şekilde rastlantısal, müdahaleye gerek olmaksızın kendiliğinden oluşturduğu yapılardır. Fraktal geometri, doğanın çözümlenmesi ve mükemmel yapısının açıklanabilmesinde önemli bir yöntemdir. Çünkü doğadaki oluşumların yapılarında tekrar ve tekrar sonucunda oluşan kendine benzerlik ancak fraktal niteliği sayesinde bulunmaktadır.

Doğal fraktallerin oluşumu bazı yöntemlerle ifade edilmektedir. Klasik bitki fraktallerinin oluşumunu Aristid Lindenmayer L-sistemleriyle modellemiştir. Diğer bir yöntem Pisagor Ağacı ve tekrarlayan fonksiyon fraktallerinde olduğu gibi brokolinin yapısındaki yoldur. Uç noktaların bir yüzey üzerinde birleşmesiyle oluşan karalahana dalları, Pisagor ağacının fraktal yapısıyla izah edilmektedir. Satürn’ün halkaları ise

Cantor tozu'ndaki yapıya benzer şekilde ayırık halkalardan oluşmaktadır (Gülderen, 2017: 23).

Şekil 10. Pisagor Ağacının Fraktal Yapısı.



Kaynak: efsanevimatematikciler, 2015.

Doğal fraktallerin en çok bilinen örnekleri yeryüzü şekillerinin düzensiz, girintili çıkıntılı ve Öklid geometrisi ile tam olarak tanımlanamayan formları, doğal fraktallerin en çok bilinen örneklerindendirler. Dağların, nehirlerin, kıyıların şekilleri incelendiğinde, tüm bu oluşumların geometrik yapılarının tekrarlanması ile oluşan karmaşık formlar olduğu görülmektedir. Örneğin bir sıradağ kütlesi incelendiğinde her bir dağ kütlesini oluşturan girinti ve çıkıntılar birbirine benzer özellik göstermektedir. Buna göre; ölçek küçültüldüğünde, bahsi geçen dağ yüzeyindeki küçük bir çıkıntının geometrik biçiminin dağın geometrik biçimine benzer olduğu görülür. Yine aynı şekilde dağların, nehirlerin, kıyıların şekilleri incelendiğinde, tüm bu doğal yapıların geometrik yapılarının tekrarlarla oluşan karmaşık formlar olduğu görülmektedir (Gözübüyük, 1996: 36).

Şekil 11. Dağların Fraktal Yapısı.



Kaynak: Kara, 2021.

Tıpkı dağlarda olduğu gibi, denizler, nehirler ve göllerin yüzeylerinde oluşan dalga hareketlerinde de yine girinti çıkıntı şeklinde tekrarlar söz konusudur. Birbirini tekrar eden ve gittikçe karmaşıklaşan bu formlarda birbirine benzeyen temel yapı hiç bozulmaya uğramaz.

Şekil 12. Fraktal Nehir Deltası.



Kaynak: Fraktal Evren, 2014.

Yine aynı şekilde ağaçlarda var olan formun tekrarlanması ve ağaçların yapraklarındaki damarlı yapıdaki karmaşık geometrik kurgular doğal fraktallerin çok rastlanan örnekleridir.

Şekil 13. Barnsley Eğrelti Otu Fraktalı.

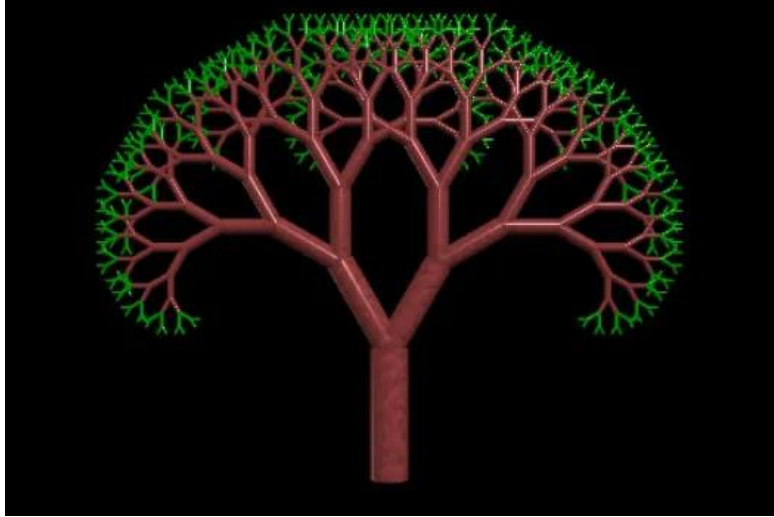


Kaynak: Wikipedia, 2021.

4.2. YAPAY FRAKTALLER

Doğal fraktallerden hareketle, karışık algoritmalar sonucu bilinçli ve sistemli bir şekilde üretilen sonsuz yapıdaki fraktaller yapay fraktallerdir. “Bilim adamlarınca doğadaki dinamik sistemlerin modellenmesi sonucu oluşan fraktaller, yapay fraktallerdir” (Gülderen, 2017: 27).

Şekil 14. Fraktal Ağaç Çizimi, İllüstrasyon Rhett Allain.



Kaynak: Allain, 2020.

Yapay fraktaller, doğada var olan fraktal kurguların incelenmesi sonucunda, yeni oluşumların ortaya çıkarılması ile gerçekleştirilirler. “Başlangıç formuna uygulanan dönüşüm kuralları ve matematiksel denklemlerle yapılmaktadır. Genellikle bilgisayar yardımıyla oluşturulabilen basit biçimler, uygulanan tekrarlarla karmaşık bir yapıya dönüşmektedir” (Uyan, 2019: 20). Yapay fraktaller, tekrar yapısı sonsuz kere yinlendiğinde kendine benzerlik özelliği bozuma uğramayacak bir fraktal boyut özelliğindedir. Yapay fraktaller özelliklerine göre kendi içinde düzenli ve düzensiz fraktaller olarak ikiye ayrılırlar.

4.2.1. Düzenli Fraktaller ve Üretim Yöntemleri

Düzenli fraktaller, çizim kuralları matematiksel olarak çeşitli algoritmalarla belirlenmiş, kendine benzerlik özelliği olan fraktal yapılardır.

Mandelbrot kümesi, Sierpinski üçgeni düzenli fraktal örnekleridir. Yinelenen fonksiyon sistemi (IFS) ile oluşturulabilirler. Bu yöntem ile; belirlenen bir başlangıç biçimine yansıma, ölçeklendirme, yer değiştirme veya döndürme gibi geometrik dönüşüm kuralları uygulayarak fraktal nesneler oluşturulabilir. Doğal fraktallerin oluşturulmasında bu sistem kullanılabilir. Diğer bir üretim yöntemi Lindenmayer Sistemi (L- sistemleri) dir. Biyolog Aristid Lindenmayer’in ismini verdiği bu sistem, bitki formlarının büyüme biçimlerini tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir (Gülderen, 2017: 27). Ayrıca, Gerçek Matematiksel Fraktaller, Kaotik Fraktaller ve Garip Çekiciler (orbital fraktaller) diğer düzenli fraktal örnekleridir (Gözübüyük, 2007: 39).

4.2.2. Düzensiz Fraktaller ve Üretim Yöntemleri

Belirli kurallar ve başlangıç biçimi olmaksızın oluşturulan fraktallerdir. “Düzensiz (random) fraktaller genellikle bilgisayar grafiklerinde doğa benzeri yapıların oluşturulduğu fraktallerdir. Düzensiz fraktaller, düzenli fraktaller gibi belirli bir başlangıç biçimi, üretici ve tekrarların oluşturduğu deterministik bir yolla değil de üreticiye bağlı olmayan stokastik bir süreç sonucunda oluşurlar” (Bunde ve Havlin, 1994’ten akt. Gözübüyük, 1996: 46).

Doğanın gözlemlenebilen yapısından hareketle, Brownian Hareketini temel alan DLA (Diffusion-limited aggregation) modelinde görülen yapılar örnek teşkil eder. Brownian Hareketine adını veren Botanist Robert Brown, suyun içindeki polen tanelerini mikroskopik ortamda gözlemlemiştir. Buna göre; parçacıkların etrafındaki moleküllere çarparak kazandıkları hareketlerin izleri, istatistiksel kendine benzerlik özelliği gösteren düzensiz fraktallar olarak sınıflandırılmıştır (Gülderen, 2017: 27). Buna örnek olarak Lichtenberg figürü gösterilebilir.

Şekil 15. Lichtenberg Figürü.



Kaynak: Çağlar, 2022.

Isınan materyallerin üzerindeki veya içindeki bir elektrik boşalmasıyla elde edilen eğrelti benzeri dallanan yapılardır. Adını bu keşfi yapan Alman fizikçi Georg Christoph Lichtenberg’den almıştır. Kar tanelerinde olduğu gibi her biri benzersiz ve karmaşık yapıdadır.

İKİNCİ BÖLÜM

FRAKTAL FORM ÜRETİMİNDE PARAMETRİK TASARIM

1. PARAMETRİK TASARIM VE ALGORİTMA

Belirlenen problemin çözümü veya belirli bir amaca ulaşma için çözüm yollarının adım adım planlanması şeklinde açıklanan algoritma, sadece bilgisayar bilimlerine ait bir yöntem gibi gözükse de; aslında hayatın her alanında bir problem çözme yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Matematik denklemlerin tekrarı olan, parametreleri sabit algoritmaların tek bir sonucu vardır. Tasarım konsepti içinde bilgisayarın gelişigüzel seçmesine izin vererek parametrelerin devamlı değişmesi, sayısız ürün elde edilmesine olanak sağlar (Çıltık, 2008: 33). Parametrik tasarımda algoritmanın doğru belirlenmesi hem sonucun beklendiği gerçekleşmesini sağlar hem de aşamaların baştan planlanmasına imkan tanır. O nedenle sonuca gidişte belirlenen basamakları takip ederek yol almak çözümcü bir düşünce yapısını da beraberinde getirir.

Bir form oluşturmak için şekilsel bir dil geliştirme gerekliliği bulunmaktadır. Bunun için de fraktallerin geometrik kurallarından faydalanmak, özbenzeşim ve tekrarlama özelliğinden yola çıkmak çözümü kolaylaştırır. Özbenzeşim ve benzerlik ile kastedilen; bir sayılar denklemi aracılığıyla oluşturulan dizilimin, parçalardan meydana gelen bütünü ifade etmesidir. “...Parametrik tasarım genellikle kurallara ve girdilere göre sonuç veren kesin, adım adım ilerleyen teknikleri içermektedir”... Bir algoritma, birkaç ardışık aşamadan geçerek bir dizi çıktı ile sonuçlanmaktadır. Bir algoritmanın modüler olması hem işlevsel tasarım çözümleri üretilmesini hem de başkaları tarafından da anlaşılıp değiştirilebilmesini sağlar (Yüksekkaya, 2020: 19). “Algoritmik düşüncenin ana fikri, fonksiyonel ayrıştırma, kendini tekrar etme, basit bilgi organizasyonu, parametrikleştirme kavramlarını içerir. Her algoritmik düşünce tipinde ileri matematik kullanılmasına gerek yoktur” (Harel, D. 1992’den akt. Çıltık, 2008: 18). Öklid geometrisiyle başlayıp Mandelbrot’un düzensiz yapı çözümlemeleriyle devam eden üretim yöntemlerinde, algoritmaların istenen sonuca ulaşması önemli bir ayrıntıdır.

Fraktal geometri bilinciyle oluşturulan temel şekil (form), algoritmik bir yapı ile tekrarlanarak karmaşık bir yapıya bürünür. Başlangıçta tasarlanan bu algoritma ile üretilen kendine benzer şekiller sonsuz tekrarla fraktal algıyı oluşturur, böylece anlam ve işleve katkı sağlar. Kaos teorisi sayesinde ortaya çıkan fraktal kavramlar ve fraktal

geometri bir tasarımın, formsal bir üretimin geniş olanaklarla ve yaratıcı bir şekilde gerçekleştirilmesiyle önem kazanır. Özellikle üç boyutlu tasarımların form, mekan, yüzey özellikleriyle oluşturulmasına imkan tanır.

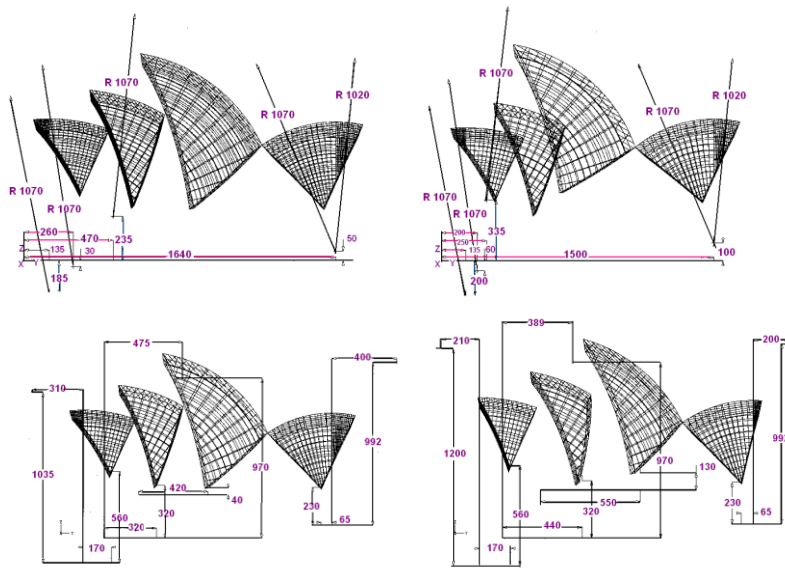
Temelde algoritmik süreç sayısallaşma sebebiyle bir tür soyutlamadır. Tasarımın temelini oluşturan strüktür yapı soyut paternler içerir. Bilgisayarda kodlama yoluyla tasarlanan çizimler, kendine has işlem dili sayesinde algoritmik bir üst düzey sistematikte algılanır.

2. PARAMETRİK TASARIMDA MEKAN-KURGU

Parametrik tasarım sadece form ve mekan üretmek için değil; aynı zamanda iç yapı ve çevresel analizler yapılarak modele yeni form kazandırmak ve yeni değerlendirmeler açısından güncelleme olanağı sağlamak için de uygun bir yöntemdir (Kaçmaz, 2019: 8).

Bir tasarım ürünün parametrelerinin, biçimini istenilen düzeyde çeşitlendirebilecek nitelikte kurgulanması ve parametrik geometriye dayalı tasarım sürecinde sınırların belirlenmesi gereklidir. Bir yapıyı ya da mekanı parametrik olarak modelleyebilmek için; öncelikle sabitleri ve değişkenleri tanımlamak gerekmektedir. Daha sonra mekanın ya da yapının belirli sayıda, birbiri ile ilişkili alt sistemlerden oluşan, düzenli bir geometriye sahip olması gerekmektedir. Son olarak da, mekan veya yapının ilişkilendirmeleri hesaplanabilir olmalıdır (Burry ve Murray, 1997'den akt. Terzi, 2009: 25).

Şekil 16. Sydney Opera Evi'nin Parametrik Modellemesi.



Kaynak: Burry ve Murray, 1997: 64.

Mekan kavramı, fiziki bir yer olmanın ötesinde, insanı çevreleyen, başka bir alandan ayıran bir boşluk, zamansal bir buradalık ögesidir. Bir mekanın oluşturulmasında algılanışı önem taşır.

Bir mekânı oluşturmak için onun mutlaka her yönden kesin engellerle sınırlanmış olması gerekmez. Bir mekânı bir hacimden ayıran en önemli fark da aslında bu noktada ortaya çıkmaktadır. Önemli olan mekânın net veya net olmayan sınırlarının algılanabilir olmasıdır. Mekân algısı ele alınırken her ne kadar ilk başta görme duyusu kaynaklı algıya ağırlık verilse ve diğer duyumlama şekilleri ihmal edilse de algılama aslında tüm duyulardan farklı oranlarda etkilenir. “Algılamanın çeşitli duyuların birleşiminden oluştuğunu ve mekân algısının da tüm duyuların etkisi altında kaldığını göz önünde bulundurmak gerekir... Aslında mekanın tasarımında belirli çevre koşulları, kullanıcıların istekleri, mekanın amacı vb. faktörler tasarlanacak mekanın tasarım yöntemine karar verilmesinde de etkilidirler” (Uysal, 2016). Bir mekanın parametrik olarak tasarlanması, işlevine uygun bir tasarımı gerekli kılar. Çünkü belirlenen parametreler mekanın fonksiyonuna göre tüm sistem özelliklerinin hesaplanmasını sağlar. Böylelikle beraberinde birçok alternatifin tasarlanmasına olanak sağlar.

Öte yandan parametrik mekan algoritmasının sanatla temellendirildiği örnekler de bir hayli fazladır. Bunlardan biri Piet Mondrian’ın geometrik soyutlamalarının kübist mimarideki yorumlama, gerçekleştirme stili olan De Stijl mimarisi Öklidyen geometrisi temellidir.

Örnek olarak Rietveld Schröder Evi bu akımın en çok bilinen örneklerindendir. Plan ve cephe düzenlemelerine ait parçalar yapının bir başka parçası ile benzer özellik göstermektedir. Bu parçalar evin çeşitli detay mekânlarındaki gibi düzenlenmiş olan pencereler, pencereler arası duvar parçalarıdır. Yapıya ait mekânların, konstrüksiyonun ve yapıyı oluşturan elemanların ayırt edilebilir olması, yapının Öklidyen geometri etkisinde oluşturulduğunu göstermektedir (Lorenz, 2003’den akt. Gözübüyük, 2007: 72).

Şekil 17. Rietveld Schröder Evi.



Kaynak: Şık, 2017.

Parametrik tasarımda zaman ve mekanın biçimsel özellikleri dinamik bir takım kurgularla oluşturulmalıdır. Karmaşık örüntülerle tasarlanan biçimler ve dinamik bir kurgusal diziliş söz konusudur. Böylece temel parametrelerle tanımlanabilen, fraktal geometrinin kendine benzerlik ilkesiyle uyumlu, işlevsel uygulamalar hayata geçirilmiş olur.

3. PARAMETRİK TASARIM İLE FRAKTAL FORM ÜRETİMİ

Kodlar ve simülasyonlar vasıtasıyla hesaplamalı tasarım süreçleri, karmaşık formlar ve çağdaş malzeme kullanımına olanak sağlamaktadır (Hensel vd. 2010: 11). Parametrik tasarımda analog ya da dijital fark etmeksizin tasarım ve üretim söz konusudur. Parametrik form üretiminde nesnelerin geometrik, görsel, sembolik ve algoritmik temsillerinin tamamı belli bir düzende bir araya getirilir. “Form oluşturmak için parametrelili algoritmalar kullanmak, ilginç varyasyonlar bulmak için bir tasarım alanında araştırma yapma sürecini içermektedir. Bu sürecin bir sonucu olarak, her varyasyonun diğer olası varyasyonlarla ilişkili, ancak diğer varyasyonlardan farklı görünmesi muhtemeldir. Parametre sayısına ve olası değerlerin aralığına bağlı olarak, bu benzerlikler çok veya az olabilmektedir” (Yüksekkaya, 2020: 31).

Parametrik tasarım oluşturmanın ilk adımı formu değişkenlerine ayırarak her bir değişken için ayarlanan değer ile, bu değerleri çizgi ve şekillere çeviren kodlar belirlemektir. Bilgisayar ortamının tasarım dünyasına hızla dahil olması ile, geometrik algoritmalar tasarımcıların yeni form arayışlarına önemli bir yön vermiştir. Form üretiminde başvurulan NURBS, analitik ve algoritmik programlama yanında düzgün

olmayan rasyonel temelli eğrileri ve yüzeyleri oluşturmak ve temsil etmek için bilgisayar grafiklerinde yaygın olarak kullanılan matematiksel bir model olmuştur. Bu model, Öklid dışı geometrilerin kullanımını kolaylaştırmış ve hem analitik hem de modellenmiş şekilleri işlemek için büyük esneklik ve hassasiyet olanağı sunmuştur.

4. DİJİTAL ORTAM VE PLASTİK SANATLAR

20. Yüzyılın sonlarına doğru insan hayatını büyük bir hızla etkisi altına alan dijital teknolojiler, bir yandan yeni algılama biçimleri ortaya koyarken bir yandan da bu algılama biçimlerinin ifade edilmesinde yeni olanaklar sağlamıştır. Dijital ortamda, fiziksel gerçekliğe ait verileri alarak, soyut bir alanda dijital araçlar kullanarak analiz, yorumlama, dönüştürme süreçleriyle yeniden kurgulanmış olur. “Görsel tasarım ve modelleme alanında büyük bir dönüşüm yaşanmasına sebep olan teknolojik ve endüstriyel gelişim bilgisayarın vazgeçilmezliğini bir kez daha ortaya koymuştur” (Tuğal Avcı, 2018: 76).

Bunun yanı sıra 1930’larda Walter Benjamin’in sanatta “biricik”lik ve “aura” kavramını tanımlamasının ardından sanatın dijital ortamlarda üretilmesi dolayısıyla aurasının yitirildiğine olan inanç ve endişe artmıştır (Arslan, 2018: 410).

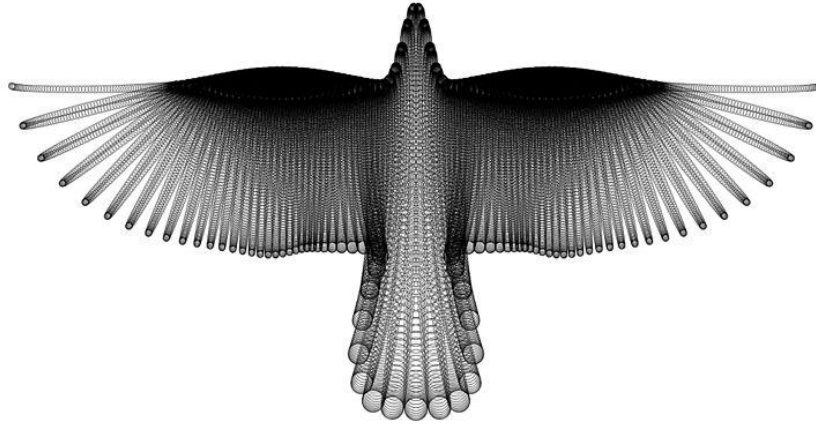
Dijital ortamda bilgisayar vasıtasıyla üretilen “dijital sanat, bir şeyler üretmek yerine nesneyi yeniden şekillendiren, yeniden amaçlandıran, yeni içeriklerle ilişkilendiren bir süreçtir...Dijital sanatta, geleneksel estetik ve özerklik kavramlarının yerine yazılım, birleştirme, hibritleşme, iyileştirme, şeffaflık, etkileşim gibi yeni kavramlarla karşılaşırız. Diğer bir deyişle, dijital sanatın estetik fonksiyonu ikinci plandadır” (Arslan, 2018: 407-408). Dijital ortamların gerçeklik duygusunu sarstığı bu teknoloji çağında, sanat izleyicisi sanal gerçeklik içine dahil edilmiş ve sanat eseri dijital teknolojinin özelliklerini yansıtır hale gelmiştir.

Başlarda bilgisayar üzerinde yapılan ilk sanatsal denemeler deneysel niteliktedir. Bilgisayar Sanatı-Dijital Sanat 20. Yüzyılın son çeyreğinde 1950’lerde bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle ivme kazanmıştır. Özellikle bilim insanların kullanımında gibi görülen bilgisayar 1970’lerden sonra özellikle genç sanatçıların sanat projeleri oluşturma aracı olmuştur. Bilgisayar Sanatı tanımlaması ilk olarak 1950’li yıllarda yayımlanmaya başlanan Computers and Automation isimli bilgisayar dergisinde Amerikalı mühendis Edmund Berkeley’in katkısıyla olmuştur. Derginin kapağında İsrail asıllı Amerikalı mühendis Efraim Arazi’nin bilgisayarla yaptığı bir resme yer

verilmiştir. Bilgisayar Sanatı-Computer Art olarak isimlendirilen bu çalışma yeni teknoloji eseri olarak oldukça ilgi görmüştür. Sonrasında da teknolojik dergilerin bu dijital sanat ürünlerine yer verdiği yayınların sayısı giderek artmıştır (Tuğal, 2018: 105).

Ortaya çıkan eser bilgisayar teknolojisi aracılığıyla oluşturulmuş bir ”dijital sanat” ürünüdür. Bilgisayar teknolojileri aracılığıyla dijital ortamda tasarlanan bir eser, bir şeyin yeniden üretimi, yeniden şekillendirilmesi ve yeni içeriklerle ilişkilendirilmesi sürecidir. Sanatçı bunu yaparken günümüz bilgisayar teknolojisinin olanaklarından kolaylıkla faydalanabilir. Özellikle bilgisayar tabanlı Ultra Fractal, Fractal Zoomer gibi programlarla matematiksel modellemeler ve çeşitli algoritmalarla estetik fraktal görünümler tasarlanabilir. Bunu yapan sanatçılardan biri Hamid Naderi Yeganeh’dir. İranlı dijital sanatçı, matematik formüllerle bilgisayar teknolojisini birleştirerek gerçek hayattaki nesnelere karmaşık bir görünüm kazandırır.

Şekil 18. Hamid Naderi Yeganeh, a Bird in Flight, 2016.



Kaynak: Wikimedia Commons, 2022.

Bilgisayar programları ve fraktal hesaplamalar kullanılarak, sonsuz tekrarı ve detayı içinde barındıran dijital görüntülerin oluşturulduğu fraktal sanat çalışmaları yapan bir diğer sanatçı Kerry Mitchel’dir. Geometri, fraktaller ve sayısal analizlerle dijital çalışmalarıyla Fraktal Sanatta adı geçen isimlerdendir.

Şekil 19. Kerry Mitchel, Maverick, 2018.



Kaynak: fineartamerika, 2022.

1956 yılında hem matematikçi hem de sanatçı olan Amerikalı Benn Laposky, “Osilyonlar” başlıklı ilk eserlerini ortaya koymuştur. İlk çalışmaları fotoğraflık sarkaç izleri ve harmonograf makinesi kalıplarıyla oluşturduklarıdır. Soyut sanat için bir yaratım aracı olarak bir osiloskop (elektriksel işaretlerin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan aletler içinde en geniş ölçüm olanaklarına sahip olan olandır. İşaretin dalga şeklinin, frekansının ve genliğinin aynı anda belirlenebilmesini sağlar. Dalga şeklini grafik olarak ekranda gösterir. Yani elektrik dalga sinyali çizer.) kullanarak ilk bilgisayar grafiklerini yapmakla tanınmıştır. Genellikle elektronik sanatın, daha spesifik olarak da analog vektör ortamının öncüsü olarak kabul edilmiştir (Agyeman C.A, 2015: 86).

Şekil 20. Benn Laposky, Oscillons, 1960.



Kaynak: Collections, 2022.

Laposky, doğal formlara, fiziksel güçlere bağlı eğrilere veya çeşitli dalga formları (sinüs dalgaları, kare dalgalar ve Lissajous şekilleri) gibi matematiksel ilkelere dayalı eğrilere dayanan tasarımları veya desenleri göstermekle ilgilenmiştir. Elektronik bir düzeneğin operatörünün bir tür "görsel müzik" çalmasıyla, osilonları ve müzik arasında bir paralellik olduğuna işaret etmiştir (Wikipedia, 2022). Laposky sayesinde sanatsal bir ifade biçimi olarak kendisine yer bulan Elektronik Soyutlamalar yeni bir soyut sanat türüdür. Bu sanatta katot ışınli osiloskopta görüntülenen elektrik dalga formlarının bir araya gelmesiyle oluşan ahenkli birer tasarım kompozisyonlarıdır.

Oluşturulan tüm biçimler, çeşitli matematiksel eğriler, geometrik tornaların karmaşık izleri ve sarkaç desenleriyle ilişkilidirler. Bu da tasarım olasılıklarının çeşitlendirilmesinde önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

Matematiği sanat olarak görselleştirmek için algoritmalar ve bilgisayar programları kullanan bir diğer sanatçı Avusturyalı Herbert W. Franke' dir. Algoritmik sanatın öncüsü olarak dünya çapında tanınan sanatçı, son zamanlarda sanat dünyasında ve kripto alanında da bir sansasyon haline geldi. Entelektüel çalışmaları belirgin şekilde rasyonelliğine ve yaratıcılığına dayanmaktadır. Özellikle bilgisayar programları yardımıyla estetik açıdan ilginç yapılar yaratmakla ilgilenen Franke, sanat eserleri yaratmanın yanı sıra rasyonel estetik meseleleriyle de yoğun bir şekilde ilgilenmiştir (Agyeman C.A, 2015: 67).

Şekil 21. Herbert W. Franke, Cellular Automata 2, 1992.

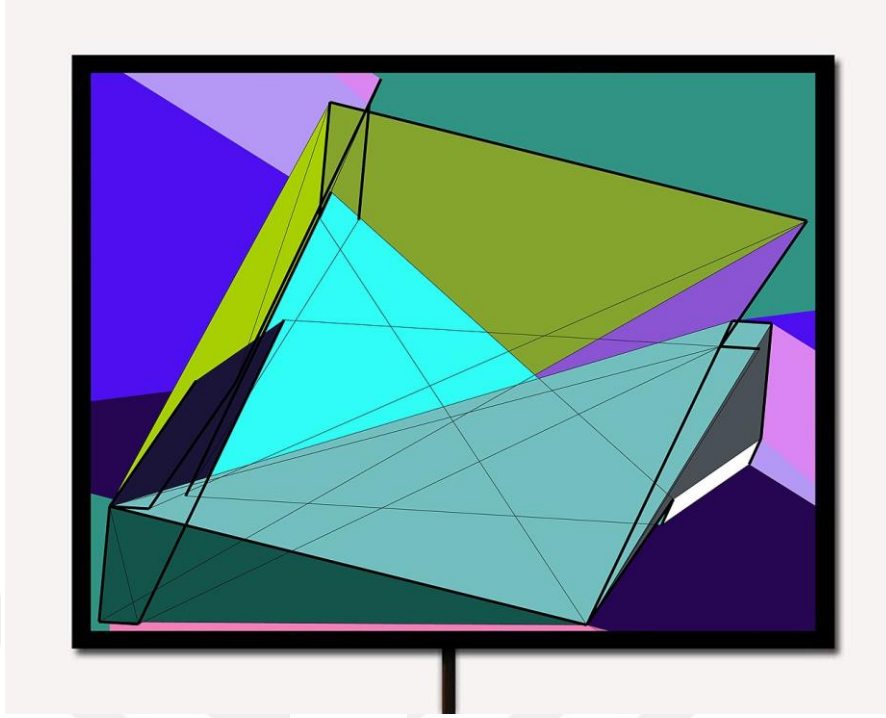


Kaynak: Katevassgalerie, 2022.

Dijital sanatın içinde adı geçen bir diğer sanatçı algoritmalara dayalı dijital sanatın öncülerinden biri olarak kabul edilen Manfred Mohr'dur. 1960'ların başında Profesör Max Bense'nin bilgi estetiğini keşfettikten sonra Mohr'un sanatsal düşüncesi kökten değişmiştir. Birkaç yıl içerisinde sanatı soyut dışavurumculuktan bilgisayar tarafından üretilen algoritmik geometriye dönüşmüştür. Bu dönüşümde bilgisayar müziğiyle tanışmasının etkisi büyüktür. Bilgisayarın sanat üretimine uygun bir araç olduğunu keşfettikten sonra 1969'da ilk bilgisayar çizimlerini programlamıştır (Emohr, 2022). “Mohr'un bu noktada amacı bellidir: Geçirgenlikleri izleyici tarafından görülebilecek girift ve şaşırtıcı imgeler yaratmak. İzleyici tarafından görülebilecek netlikten kastım, zaten algoritmanın kendisinin yapıt olmasıdır. Yani olasılık sistemi içerisindeki sayılar, aslında bizzat araçlardır. İşte bu araçların kazandığı formlar sonunda, yapıtlarda çok-boyutlu küpler haline gelmektedir”

(Arapoğlu, 2020). Bunlara çok boyutlu hiperküpler denmektedir. Mohr görsel üretimlerinde bilgisayar ve grafik çizim araçlarını kullanırken, bilgisayar müdahalelerini, rotasyonun tamamını özellikle gösterme ihtiyacı duymuştur.

Şekil 22. Manfred Mohr, Piece P-777 (2002/04), LCD Screen and PC.



Kaynak: Wikipedia, 2022.

Sanatın otonom olarak bağımsız bir şekilde üretilmesi için tasarlanmış olan AARON'un yaratıcısı olan Harold Cohen, bilgisayar yapay zekası ile sanatı kesiştirerek ilgi çekici eserler üretmiştir (Agyeman C.A, 2015: 87). 1950'lerde İngiliz ressamlar kuşağının üyelerinden biri olan Cohen, İngiltere'de ün kazanmış bir sanatçıyken 1960'lara gelindiğinde sanat kariyerini bilgisayar teknolojisinin olanaklarıyla şekillendirmeyi seçmiştir. Programlama dillerini öğrendikten sonra 1971 yılında bilgisayar ile yapılacak bir boyama sistemi geliştirmiştir. Hem sanat hem de teknolojiyi bir araya getirdiği bu çalışmaları yapay zeka ile çalışan boya sistemine dönüştürmüştür. Başlangıçta siyah beyaz olan boya sisteminin çıktılarını 1973'te uzman bir sanat yaratma sistemine dönüştürmüştür. Cohen, benzersiz bir insan-makine işbirliği örneği olan AARON vasıtasıyla uzun yıllar akrilik boya ile renklendirdiği eserler ortaya koymuştur (Evli, 2020).

1973' te İngiliz sanatçı Harold Cohen tarafından geliştirilen yazılım ve robotik koldan oluşan, otonom olarak resim üreten AARON, görsel sanatlar alanında çizim/resim yapma görevini yerine getiren, özgün, çevrimdışı ve etkileşimli olmayan yapay yaratıcı sistemdir. AARON' un ilk üretimleri çizgisel, soyut ifadeler barındırırken (Şekil 8), yazılım ve mekanizma olarak geliştirildikçe çeşitli ressamların eserlerini andıran resimler üretmeye başlamış (Şekil 9); son versiyonuyla birlikte kendi kendine

Üretim yapan bir sistem hâline gelmiştir. AARON' un üretimleri önde gelen sanat galerinde, müzelerde sergilenmeye değer grlmştir.

şekil 23. Harold Cohen, 040601, Pigment on Paper, Computer-Generated, 2004.



Kaynak: Compart, 2022.

Başlarda makineler tarafından üretilen imgelerin gerçek bir sanatsal üretim üretim yöntemi olup olmadığı tartışmalarının odağındaki dijital sanat/bilgisayar sanatı, zaman içerisinde nc isimler sayesinde kendisine tarihte bir yer edinmiştir.

4.1. PLASTİK SANATLARDA FRAKTAL TASARIM

19. yüzyılın sonlarında toplumdaki gelişmelerde beliren değişim ve yeniliklerin insanı ilgilendiren her şeyi aynı hızda etkilemesi sanatta da yeni kapıların açılmasına sebep olmuştur. “Fraktal geometri, dünyayı analiz, nicelik, mekanizma açılarından gören, kapalı ve mekanik bilim dünya görüşüne karşı bir açılım sunar. Doğa, dolayısıyla yaşam, durgunluk dönemleri, dalgalanmalar ve ani sıçrayışlar içeren lineer olmayan bir yapı göstermektedir. Bu bakımdan fraktaller, yenedünya anlayışına karşılık bir cevap oluştururken bir yandan da sanatta da yaşayan ve devinen evrenin ve algılayışın somutlaştırılmış biçimleri olarak yerini alır” (Boyacı, 2011: 295).

Evrendeki karmaşık yapıları açıklamak için kullanılan fraktal geometri, hem doğanın geometrisi hem de ondan faydalanan sanatçının eseri için bir çözümleme, anlamlandırma yöntemidir. Sanatta kompozisyon kavramına başka bir bakış açısı kazandıran, analitik çözümlemeyi sanat eserinin oluşumuna ekleyen fraktal geometri, her yapının düzensiz olsa bile kendi içinde bir düzene ihtiyaı olduğunu göstermektedir.

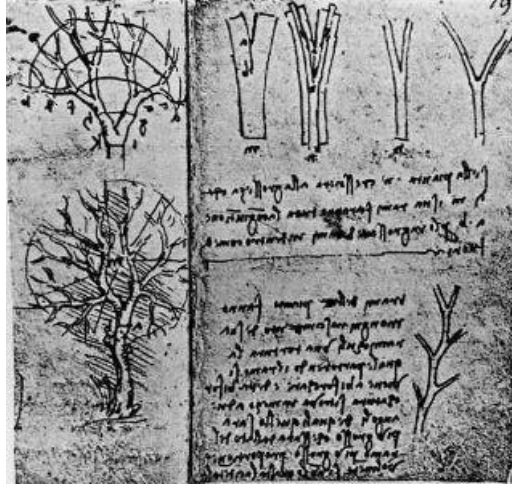
Fraktal geometrinin keşfiyle sanat ve tasarımda kompozisyon kavramına yeni bir bakış açısı kazandırılmıştır. Yaratıcılık ve hayal gücünün estetik bir bakışla ifade edilmesinde sanatçıya büyük ölçüde destek veren bu yeni kompozisyon anlayışı, bütünü oluşturan farklı büyüklükteki yapılara yer verilmesini sağlar.

Öklid geometrisindeki kare, daire, üçgen gibi temel basit şekillerden çok daha karmaşık geometrik şekilleri ifade eden fraktal, kendine benzeme özelliği ve nesnelerin tekrarlı şekilde yinelenmesi yoluyla oluşur. “Geometrik bir şeklin bir ölçeği, ayırd edici bir büyüklüğü vardır. Buna karşılık Mandelbrot’a göre bakını hoşnut eden sanatın ölçeği yok; her boyuttan önemli öğeler içeriyor” (Gleick, 2020: 44). Burada Öklidsel ve Öklidsel olmayan geometrinin sanatçının arayışlarına doğrudan ya da dolaylı katkısı açısından bakabilmek önemlidir. Rönesans ve modern sanatın evrensel geometrik formlarla ifade edilmesinde, düzlem üzerinde bir ölçeklendirme olan perspektifin bulunması, doğa ve geometrinin yakın ilişkisinin ispatı niteliğindedir. Zamanla doğadan uzaklaşan sanatçı, kaos teorisi ve fraktal geometrideki yeni geometrik bakış açısının, gerçek dünya algısı yaratmada etkili bir uzay illüzyonu elde etme yöntemi olduğunu fark etmiştir.

Sanatçıların eserlerinde farklı bir anlam bulan geometrik formlar, bir döneme ışık tutsa da, kalıcı ifadeler barındırmamışlardır. Çünkü insanın güzellik anlayışı doğadan hareketle temellendiğinden, fraktal geometrinin beslediği bir estetik anlayışla sanat eserinde karmaşıklıktan doğan bir uyum beklentisi oluşmaktadır. Fraktal sanat, fraktal geometri ve kaos teorisi merkezli bir sanatsal üretim olarak düşünüldüğünde, sanatçı ifade biçimlerini özbenzeşim, ölçeklendirme, kesirli boyutlandırma, paradoks, düzen ve düzensizlik ilişkileri üzerinden kurgulamalıdır.

Rönesans’ın önemli isimlerinden mimar, mühendis, bilim insanı ve ressam Leonardo da Vinci, başarılı tabiat incelemeleri ve bitki etütleri ile sanata büyük katkı sağlamıştır. Özellikle ağaçlar hakkında ortaya koyduğu bir teoriye göre: “Ağaç gövdeleri ile dalların büyüklükleri arasında bir bağlantı olduğunu, dalların bütün olarak birleştiğinde kalınlıklarının, ağacın gövdesi ile toplam kalınlığının eş değer olduğunu söylemiş ve birçok ağaç türünde bu kuralın geçerli olduğunu savunmuştur” (Jacobsmeier, 2011).

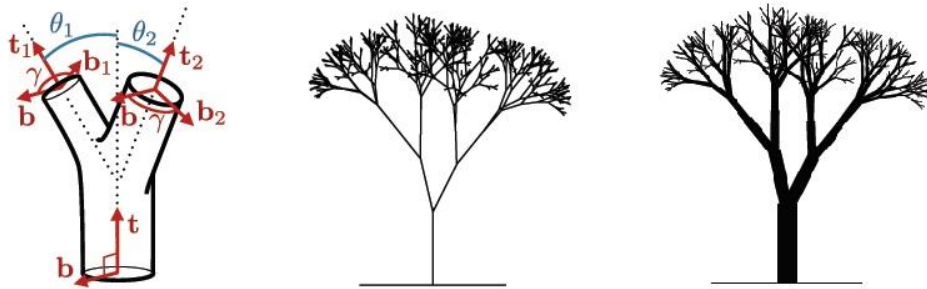
Şekil 24. Leonardo da Vinci'nin Ağaç Dallanma Modeli Etüdü.



Kaynak: Zyga, 2012.

“Leonardo bu teoremi ortaya attığında bunun ne işe yaradığını açıklayacak bilgiye sahip değildir. Ancak yakın zamanda fizikçi olan Chistophe Eloy, bu şekilde tasarlanmış olan ağaç dallarının rüzgârların ortaya çıkarmış olduğu streslere direnç sağlamak için oluşturulduğunu ortaya çıkarmıştır” (Zyga, 2012).

Şekil 25. Bir Ağaç Dallanma Modeli.



Kaynak: Zyga, 2012.

Doğa, manzara, böcek çizimleriyle ortaya koyduğu sanat deneyimlerinden sonra gerçek mekanları görülmemiş bir gerçeklik algısı ve düzensiz bir perspektifle tasarlayan Hollandalı ressam ve grafik sanatçısı Escher, birbirini çizen elleri, iç içe geçmiş kuş ve balık figürleri, hiç bitmeyen bir döngüde tasarladığı merdivenleri, bilindik dengeleri ters yüz eder niteliktedir. Çoklu algı ve perspektifle oynama yeteneği, oluşturduğu her çizimde mekan, figür ve şekiller arasındaki matematiksel ilişkiyi ortaya koyma özelliğindedir. “Matematiksel soyut, geometrik biçimlemeler yerine Escher somut, tanınabilir, doğal nesnelerle - kuşları, balıklar, kertenkeleler ya da insanlarla - yüzeyini oluşturur. Simetri, süreklilik, sonsuzluk kavramları üzerine çalışmalarına örnek olan bu grup bir bakıma soyut strüktürlerin birer kurgusudur” (Kara, 2000: 94). Çalışmalarında

sıklıkla yer verdiği küpler, koniler, küreler, spiraller ve halkalar ayna etkisiyle gerçekliğin büyüdü dünyasının keşfine olanak sağlar.

Escher'in hiperbolik geometriyi kullanarak oluşturduğu desenleri, özel bir ölçeklendirmeden ibarettir. "Circle Limit III" adlı eseri en karmaşık, giderek daha karmaşıklaşan, tekrar eden biçimlerinden oluşmuştur.

Şekil 26. M. C. Escher, Circle Limit III, 1958.

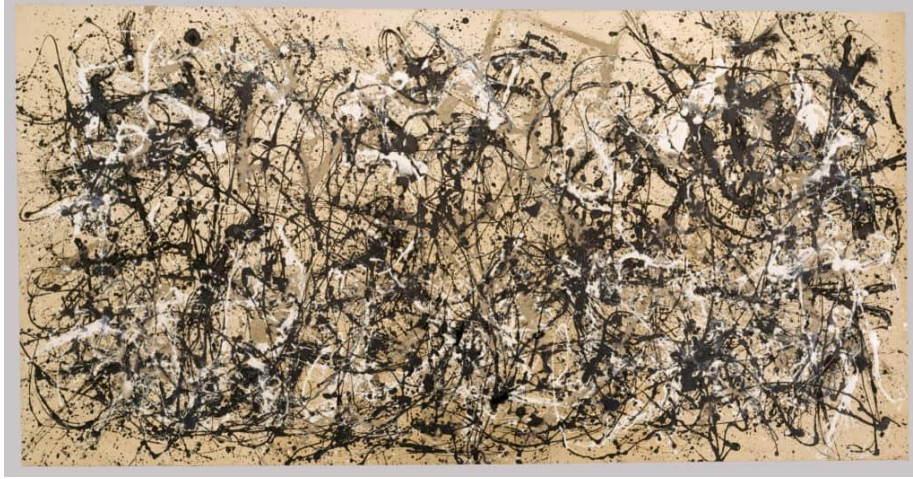


Kaynak: Wikipedia, 2021.

Bir düzlemde üst üste binmeyen desenlerden oluşan bu mozaikleme Koch kar tanesinin bir versiyonudur. Bir dairenin kenarına yaklaştıkça sonsuza gidiyormuşçasına tekrar eden ve küçülerek görsel dengeyi mükemmelleştirdiği bu akışkan çalışma tarzı matematikten ciddi anlamda yararlandığını göstermektedir.

Yine benzer biçimde çok ölçekli desenleri ile Amerikalı sanatçı Jackson Pollock'un eserlerinde de fraktal bir dönüşüm hakimdir. Pollock'un görsel karmaşıklıkla oluşturduğu resimlerinde görsel algı deneylerini andıran fraktal temelli bir estetik resmetme söz konusudur. Zemine koyduğu büyük tuvallerine boya kutusuna daldırıp çıkardığı fırçadaki akışkan boyayı kesintisiz yörüngeler şeklinde aktarmıştır. Pollock'un resimlerinin estetik çekiciliği bu karmaşıklıktan kaynaklanmaktadır.

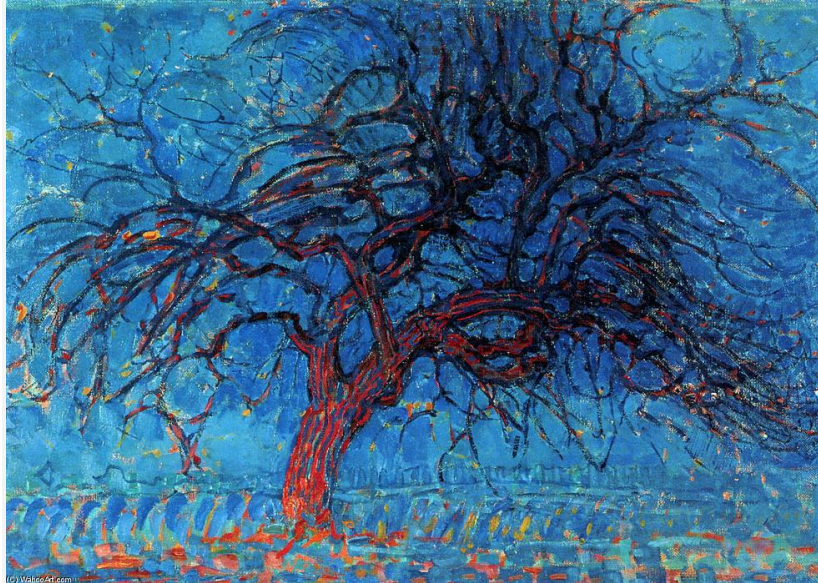
Şekil 27. Jackson Pollock, “Autumn Rhythm” (Sonbahar Ritmi), 1950.



Kaynak: Metmuseum, 2021.

Fizik Profesörü Richard Taylor 1999 yılında araştırma ekibiyle yaptığı bilimsel çalışmanın sonucunda, Pollock'un dökülen desenlerinin fraktal olduğunu saptamıştır. Gittikçe daha ince büyütmelemlerle tekrar eden desenlerden oluşan fraktallar, doğa manzarasının temel yapı taşlarıdır. "Fraktal Dışavurumculuk" olarak adlandırılan bu çalışmada Pollock, doğal manzaranın özünü damıtmış ve bunu tuvallerinde doğrudan ve eşsiz bir şekilde ifade etmiştir. Doğanın desen oluşturma süreçlerini benimsemesine rağmen, ortaya çıkan resimler doğayı taklit etmek yerine doğanın örnekleri olarak görüldü. Sanatçı on yıl boyunca mükemmelleştirilen, son derece sistematik bir fraktal boyama sürecini ortaya çıkarmıştır (Taylor, 2016).

Şekil 28. Piet Mondrian, “The Red Tree” (Kırmızı Ağaç), 1910.



Kaynak: Wikipedia, 2022.

Resimlerinde fraktal yapıyı kullanan bir diğ er sanatçı Hollandalı ressam Piet Mondrian'dır. Mondrian aēa  yaprakları gibi, fraktallarle karakterize edilebilecek karmaşık doēal nesneleri boyamış, önceki dönem karmaşık desenlerini ilerleyen zamanlarda yapısöküme uēratarak basit geometrik şekillere dönüştürmüştür. Mondrian'ın ana renkleri ve düz çizgilerden oluşan basit görsel dili bambaşka bir kurallar dizisine göre oluşturulmuştur.

“Fraktal geometri matematiēin, çeşitli yapıları kullanarak alanları yoğun bir şekilde dolduran doēanın “ r nt ” lerini inceleyen kısmıdır” (T. Bountis, A. S. Fokas, E. Z. Psarakis, 2017: 29). Doēanın bu fraktal geometri  zelliēi, hem işlevini yerine getirme hem de derin bir estetik deēer oluşturma niteliēindedir. Elbette doēanın estetik deēer oluşturma çabası yoktur. Burada kendiliēindenlik söz konusudur. Doēanın kendiliēinden sahip olduēu kendini tekrar ederek sonsuza kadar devam eden bu geometrik fraktal yapının, yeniden üretilmesi söz konusu olduēunda, ancak matematiksel denklemler yardımıyla oluşturulabilir. Doēanın düzensiz patern yapılarının matematiksel denklemler ışığında, bilgisayar üzerinde modellenmesi ile oluşturulması dijital teknolojinin tüm olanaklarıyla sanat dahil tüm üretim alanlarına girmesine olanak saēlamıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÇAĞDAŞ SANATTA FORM ÜRETİM YÖNTEMİ OLARAK PARAMETRİK TASARIM

1. PARAMETRİK TASARIM ÇERÇEVESİNDE SANAT VE DİJİTAL TEKNOLOJİ İLİŞKİSİ

20. yüzyılla birlikte elektronik teknolojinin ardından yazılım ve dijitalleşme ile gelişen sistemler tüm üretim alanlarını büyük ölçüde etkilemiştir. Öte yandan teknoloji ve endüstrileşme ile birlikte yeni buluşlar ve keşifler toplumda bir yabancılaşma ve çelişki ortamı yaratmıştır. “Çağdaş bilim için gerçeklik, realite, artık çocuksu bir duyarlılığın belirlediği bir duyulur algı dünyası değildir, tersine soyut-matematik formüllerle ifadesini bulan, düşünsel soyut bir varlıktır” (Tunalı, 2012: 69). Bilgisayar teknolojisinin sonsuz varyasyon oluşturabilme, verileri soyut matematiksel simülasyonlar yoluyla algılanan bir yapıya dönüştürmesi, toplumdaki gerçeklik duygusunu sarsmıştır. Hayal edilebilenin bile ötesinde modellenebilir bir dünya yaratılması ile bilinmeyen görünür kılınması söz konusu olmuştur. “1983 yılından itibaren hızla gelişen kişisel bilgisayar sistemleri ekran üzerinde dijital görüntü oluşturmaya ve dolayısıyla “Dijital Sanat” ve “dijital tasarım” yapmaya imkan tanımıştır. Dijital Sanat’ta, görüntüyü oluşturan her piksel’in elektronik karakteri nedeniyle oldukça etkileyici olduğunu söylemek mümkündür. Matematiksel/algoritmik kodlamanın yanı sıra duygusal olarak bir araya getirilmeleri ve görüntünün buna bağlı olarak yeniden yapılanmasıyla oluşan matriks yapıları ile daha etkili olabilirler” (Tuğal Avcı, 2018: 75).

Parametrik tasarım; dijital yazılımlar tarafından desteklenen, algoritmik düşünceye dayanan, bir formun oluşumunda geometrik kavramlar ile parametreler arasındaki ilişkileri tanımlayan bir tasarım sistemidir. “Parametrik tasarım, “ilişkisel geometri” olarak da adlandırılmaktadır. Genel olarak, tüm parametrik işlemler, açık veya dolaylı bir ilişki içerisinde birbirlerine bağlanmaktadır” (Burry, 2003’ten akt. Yüksekaya, 2020: 8). Parametrelerin ifade edilmesini sağlayan düşünceleri tanımlayan, kodlayan, açıklığa kavuşturan kurallar bütünüdür. Parametrik tasarımda form, parametrelerin ve denklemlerin değerlerine göre şekillenir ve denklemler arasındaki ilişkileri tanımlar. Böylece formlar arasındaki karşılıklı bağlantıları kurarak matematik ve geometrik dönüşümleri gerçekleştirir.

Dijital yazılımlardaki parametrik sistemlerde nesne odaklı bir yaklaşım bulunmaktadır. Bu yolla yazılımlar bir nesneyi erişilebilen, aratılabilen ve değiştirilebilen bir veri tabanında muhafaza etmektedir. Bu veri tabanında tasarımdaki nesnelerin özellikleri ve sahip oldukları değerler birbirleriyle ilişkilendirilmekte ve parametrelendirilmektedir. Bir çemberin merkezi, konumu ve yarıçapı buna örnek olarak verilebilir. Bir parametrenin değerindeki herhangi bir değişikliğin tasarım boyunca yayılma etkisi yaratarak başka nesnelere ait parametreleri de değiştirebilmesi parametrik tasarım sisteminin özelliğidir (Jabi 2013'ten akt. Yüksekaya, 2020: 11). Dikkatli ve özenli bir planlama gerektiren parametrik uygulamada, geometrik hiyerarşide birbirine bağlı tüm elemanların yapılan en ufak değişiklikten aynı anda etkileneceği unutulmamalıdır. Öte yandan dijital olanaklar ve parametrik tasarımlama sayesinde bir fikirle ilgili çok sayıda varyasyon geliştirme ve yenileme olanağına da sahip olunur.

2. PARAMETRİK TASARIMDA KULLANILAN BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

Parametrik tasarım aslında tasarımdan ziyade bir üretim yöntemidir. Tasarımı belli parametreler, sayılar ve algoritmalar yoluyla oluşturmaya, sürdürülebilir tasarımlar elde etmeye yarar. Parametrik tasarım, modellenecek tasarımın programda girilen genişlik, derinlik, yükseklik gibi değerler sonrasında belli algoritmalar ışığında birbirine bağlı parametreler zinciri oluşturması temeline dayanmaktadır. Bu birbirine bağlı değerler bütünü değiştirilebilir eşzamanlı algoritmalar barındırır. Yani tasarımda değişiklik yapılmak istendiğinde, en başa dönmek yerine gerekli kısımdaki değerler değiştirilerek sonuçlandırılır. Kompleks formların kolayca tasarlanabilmesine olanak sağlayan parametrik tasarım, ağırlıklı olarak biçimsel bir yaklaşım özelliği taşımaktadır.

Bilgi çağının ve sayısal bilgi teknolojilerinin bilinen en hızlı gelişen, tasarımı oluşturma ve dijital olanaklarla üretime aktarma becerisine olanak sağlayan ögesi bilgisayar programlarıdır. Bu programlar sayesinde tasarımın parametreleştirilmesi ve ürünün verimli bir şekilde serileştirilmesi söz konusudur. Tasarımcının geleneksel geometri modelleme araçlarıyla serbest biçimli formlar üretmesine olanak sağlayan sayısal tasarım araçlarına; AutoCAD, Sketchup, Rhino ve Autodesk Dynamo Studio; ilişkisel düşünerek algoritma yoluyla oluşturduğu Parametrik modelleme araçlarına da Generative Components, Grasshopper, 3D ve Maya Script ve Dynamo örnek gösterilebilir (Kaçmaz, 2019: 4).

İlişkisel düşünülerek oluşturulan tasarım parametreleri arasında görsel algoritma düzenleyici ortam örneği Grasshopper ve Dynamo gösterilebilir. Bu programlar kod öğrenmek gerekmeksizin parametrik üç boyutlu modelleme aracı olarak Rhino ve ona entegre çalışan Grasshopper sayesinde tanımlanan parametreler görsel bileşenlerden oluşurken, yazılı algoritmalar bu bileşenler arasındaki bağıntılar sayesinde görselleştirilir (Kaçmaz, 2019: 4).

2.1. RHINO CEROS/GRASSHOPPER

Bilgisayar grafiklerindeki gelişmeler ve özellikle hızla gelişen bilgisayar teknolojileri sayesinde modelleme ve üretim tekniklerinin yeni ve karmaşık şekilde tasarlanabilir olması bu sürece önemli derecede katkı sağlamıştır (Block, 2016: 71).

Parametrik tasarım ile ilgili en bilinen uygulama araçları olan Rhino Ceros ve Grasshopper, bilgisayar destekli tasarım uygulaması içinde çalışan görsel bir programlama dilidir. Aslında Grasshopper, Rhino Ceros modelleme yazılımı üzerinde çalışan bir eklentidir. Günümüzde mimari ve tasarım alanda geliştirilen teknolojilerin başında gelen parametrik tasarım (hesaplamalı tasarım), birçok alanda inovatif çözümlerin üretimine olanak sağlamaktadır. Özellikle Rhinoceros parametrik modelleme eklentisi olan Grasshopper programının etkin bir görsel tasarım aracı olduğu, basit geometri bilgisi ve matematiksel ilişkiler kullanarak öğrenilebileceği bilinmektedir. Basit görsel kodların üretildiği bir parametrik tasarım eklentisi olan Grasshopper, Bu eklenti sayesinde akışkan formlar, parametrik yüzeyler ve doku modellemelerinin yanı sıra, farklı eklentilerle yaratıcı üretimleri destekler.

Grasshopper, “...algoritmik biçim araştırması ve gerçek zamanlı parametrik modelleme amacıyla kullanılmaktadır”...”Rhino’da noktalar, eğriler, yüzeyler ve bütün bunların bileşiminden oluşan katı nesneler modellenenilmektedir. Bir eğri çizmek için noktalara, yüzey tanımlamak için eğrilere, katı cisim tanımlamak içinse yüzeylere ihtiyaç vardır” (Yazar ve Uysal, 2016: 3). Grasshopper tasarımcıya programlama veya komut dosyası bilgisi olmadan yaratıcılığını serbest bırakarak sınırlı yazılım kısıtlamalarına maruz kalmaksızın uygulanabilir tasarımlar oluşturabilecek benzersiz bir deneyim sunar.

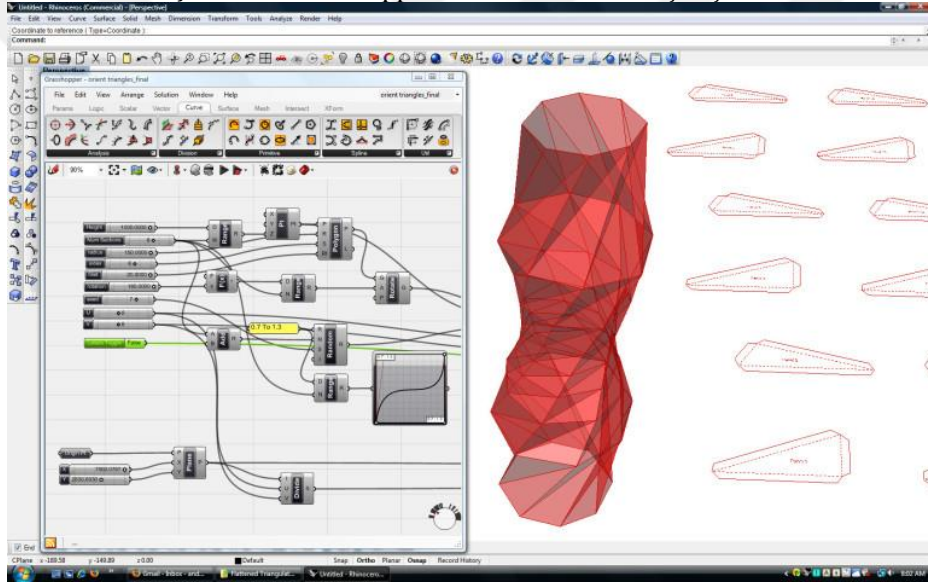
2.1.1. Rhino Ceros/Grasshopper Kullanarak Parametrik Form Üretimi

Parametrik bir model çok sayıda tasarım varyantı içerir. Bu nedenle formun nasıl üretilceği, teknik ve kısıtlayıcı faktörler olup olmadığı, mekansal organizasyon

mantığının uygunluğu ve seri bir şekilde ürünün modellenmesi ve üretilmesi söz konusudur. Son yıllarda tüm bu süreç için en uygun parametrik tasarım uygulaması olan Grasshopper, tıpkı diğer çizim, tasarım programlarında olduğu gibi uygulamaya yönelik bir takım menüler ve işlemler sırasından oluşur.

Grasshopper'ın temel kullanım şeklinde, bileşenlerin kanvas (her şeyin üzerinde tasarlandığı, başlangıçta boş olan arayüz alanı) üzerine yerleştirilmesi ile aralarındaki bağlantıların kurulması neticesinde soldan sağa doğru okunan diyagramlar meydana getirilir. Gri-siyah kutucuklar halindeki bileşenler birbirleriyle ilişkilendirilerek bazen ince düz çizgi, bazen kalın kesikli çizgi biçiminde bileşenin sağından soluna doğru bağlanırlar (Yazar ve Uysal, 2016: 11).

Şekil 29. Grasshopper 3D Ortamında Bir Çalışma.



Kaynak: Sawant, 2021.

Grasshopper'da bileşenler kanvasa yerleştirildikleri anda çalışmaya başlarlar. Bu nedenle herhangi bir bileşenin girdilerinden biri bile değiştirildiğinde o bileşenin sonucu kendiliğinden güncellenir. Örneğin; çizilen profil eğrisi Rhino içerisinde değiştirildiğinde yapılan değişiklikler otomatik olarak Grasshopper'a da aktarılır. Eğer eğri Rhino'da silinirse Grasshopper'da da referansını kaybedeceğinden parametre girdisi görülemez (Yazar ve Uysal, 2016: 21). Bunun sebebi, modelleme ve veri akış diyagramının önce Rhino'da temellendirilmesidir.

Bağımsız dijital sanatçı ve tasarımcı Zhang Zhoujie'nin "Digital Object/Triangulation Series" sandalye tasarım projesi (Resim 17) Rhino+ Grasshopper

parametrik tasarım platformuna dayanmaktadır. Program olanaklarıyla dijital nesneler biçimlendirmek, özgür sanatsal formlar ortaya koymak, sanatsal bir tasarımın dijital üretimle birleştirilmesine olanak sağlamıştır.

Şekil 30. Zhang Zhoujie, Digital Object/Triangulation Series, 2012.



Kaynak: Zhangzhoujie, 2022.

Malzeme olarak paslanmaz çelik kullanılan bu sandalye serisi, özellik olarak üçgen keskin formlarla, heykel duygusu veren fütüristik görünümde tasarlanmıştır. Form, dijital ortamda yerçekimi etkisiyle doğal olarak aşağı doğru uzanan ve akıcı bir kemer yapısı oluşturan bir düzlemin etrafındaki noktalardan türetilmiştir. Kenarlar, yüzeyler, ölçekler vs. farklı gibi görünse de aynı malzeme ve yaklaşık yapısal mantıkla modelleme serileştirilmiştir. Burada tüm sandalyeler algoritmaya göre bilgisayar programları tarafından otomatik olarak üretilmiş ve belirli parametreler değiştirilerek çeşitli formlar oluşturulmuştur. Bilgisayarlar morfolojik algoritmaların bir sanatı haline gelir ve bu dijital yaratım bir dizi yıkıcı görsel modelleme dili ortaya koyar. Burada Grasshopper'ın görselleştirme ve dinamik özelliklere sahip parametrik ürün serisi tasarımı özelliği ön plandadır. Güçlü parametrik tasarım işlevine sahip bu program, çizgiler veya karmaşık formlar çizme, taşıma, ofset ve diziler gibi geleneksel manuel modelleme işlemlerini veri programlama ve otomatik hesaplama yoluyla tamamlar. Oluşturulan modeli, giriş parametreleri, çıktı sonuçları ve düğümleri görselleştirmek için bağlantı çizgileri yoluyla algoritmaya göre otomatik olarak oluşturur ve değiştirir (Sun ve Huang, 2019: 3).

2.2. AUTOCAD

AutoCAD, Autodesk firması tarafından geliştirilen vektör tabanlı çizim programlarından ilkidir. Vektör tabanlı olması sebebiyle büyütme-küçültme işlemlerinde görüntü kalitesi bozulmadığı için çözünürlükten bağımsızdır.

İki ve üç boyutlu çizimlerin kolaylıkla yapıldığı bu programda, kaydetme formatları sayesinde başka bir bilgisayarda sorunsuz açılabilme ve başka CAD programlarıyla uyumlu çalışabilme özelliğindedir. AutoCAD programı ağırlıklı olarak

mimari proje ve tasarımlarda, makine ve otomasyon tasarımlarında, mekanikte, elektronik sektöründe kullanılmaktadır. Ayrıca programın render özelliği sayesinde çizimi tamamlanan üç boyutlu formların ışık-gölge ayarları ve doku özellikleri oluşturulabilmektedir.

2010 yılında AutoCAD programına eklenen parametrik kısıtlama özelliği sayesinde AutoCAD ile yapılan çizimlere geometrik ve boyutsal kısıtlamalar getirme fonksiyonu kazandırılmıştır. “Geometrik kısıtlamalar, nesnelerin birbirleriyle olan ilişkilerini kontrol eder. Boyutsal kısıtlamalar nesnelerin mesafe, uzunluk, açı ve yarıçap değerlerini kontrol eder” (Autodesk, 2022). Bu kısıtlamalar sayesinde nesnelerde yapılan değişiklikler diğer nesnelerin otomatik olarak ayarlanmasını sağlarken, mesafe ve açı değerlerindeki değişiklikleri kısıtlamış olur.

Şekil 31. Autocad 3D Mobilya Tasarımı Örneği.



Kaynak: YouTube, 2018.

AutoCAD parametrik çizim özelliği sayesinde tasarımda istenen değişikliğin sorunsuz bir şekilde yapılmasına olanak sağlarken aynı zamanda yapılan manipülasyonlarda matematiksel hata olasılığını en aza indirir.

2.3. SKETCHUP

Üç boyutlu modelleme gerektiren hemen her alanda kullanılan bir modelleme yazılımı olan SketchUp, diğer çizim programları kadar karmaşık olmayan bir arayüze sahiptir. Last Software tarafından geliştirilip daha sonra Google tarafından satın alınan bu program son olarak geliştiricisi Trimble firmasına satılmıştır. Kolay tasarım imkanı sunan SketchUp, basit el çizimleri ya da fotoğraflar kullanılarak iki boyutlu çizimleri üç boyutlu hale getirme özelliğine sahiptir. Import ve Export eklentileri sayesinde

AutoCAD veya Photoshop gibi programlarla görsel ve çizim alışverişi kolaylıkla yapılır. Programın render özelliği de oldukça başarılıdır.

3. PARAMETRİK TASARIM UYGULAMALARI

Parametrik teriminin kullanılması ve ilk örneklerinin verilmesi 1800'lü yıllara dayanmaktadır. Ancak parametrik tasarım teriminin kullanılışı bu kadar net tarihlendirilemese de ilk olarak mimar Luigi Moretti'nin 1940'lardaki yazılarında yer verdiği varsayılmaktadır (Bucci ve Mulazzani 2002'den akt. Gürel, 2018: 23).

Parametrik tasarım uygulamaları temelinde çözüm odaklı düşünme biçimi olan parametrik tasarım düşüncesi üzerinde şekillenir. Burada mevcut sorunun, tasarımın, hesaplamalı olarak arttırılmış bir biçimi düşünülmelidir. Tasarım ve üretimde kullanılan bilgisayar ve bilgisayar kontrollü makineler ile mimarlık üretimi yeni keşiflere imkan sağlamıştır. Matematiksel bilginin çizim araçları yardımıyla karmaşık geometrilerin yapısal analizine ortam hazırlaması, ortak bir geometri dili oluşmasını sağlamıştır.

Tasarımda ve özellikle dijital tasarım ortamlarında parametreler, geometrik varlıklar arasındaki özelliklerin ve ilişkilerin manipülasyonuna ve kontrolüne izin veren değerleri tutan değişkenleri temsil eder. Bu, formun geometriye çevrilmesi, bu geometrik öğeler arasındaki doğru ilişkiler kümesini tanımlamaya odaklandığından ve son yapılandırmayı parametrelere atanan değerlere bıraktığından, tasarımcıya büyük güç sağlar. Parametrik tasarım, bir nesnenin geometrik varlıkları ile formlarını yöneten parametreler arasındaki ilişkileri tanımlamanın özel sürecidir. Bu ilişkileri parametrik bir modelde yeterli temsillere çevirmek için, geometrik varlıklar arasındaki kısıtlamaları tanımlar (Cardenas, 2004, s.18).

Parametrik tasarım belirli geliştirme araç ve ortamlarına ihtiyaç duyar. CAD/CAM sistemleri adı verilen bu ortamlar uzun bir gelişim sürecinin sonucunda özellikle endüstrinin bir parçası olarak tüm tasarım ve üretim süreçlerinin temel noktasıdır. Kaynakların verimli kullanılması, üretim süreçlerinin ihtiyaç ve otomasyon bağlamında desteklenmesi hep bu gelişimin olanaklarına bağlı şekilde ilerlemektedir.

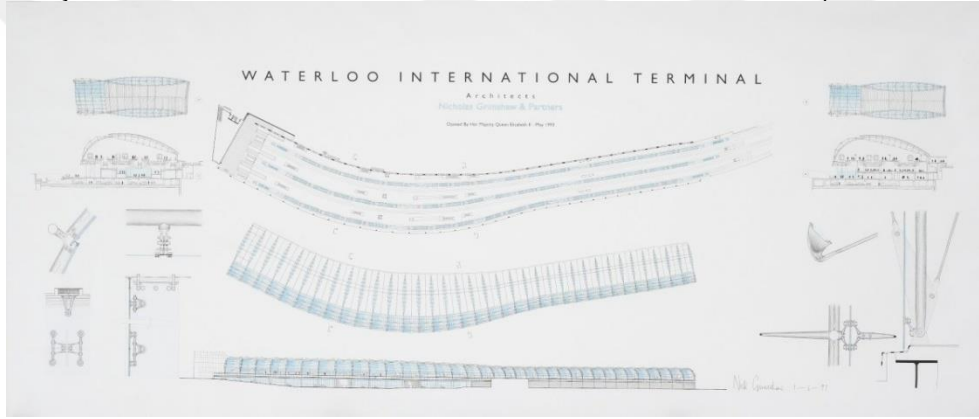
3.1. PARAMETRİK TASARIM ÖRNEKLERİ VE ESER İNCELEMELERİ

Parametrik tasarım denilince mimari yapılar, iç mekan, mobilya ve aksesuarlar akla gelir. İlerleyen teknoloji, bilgisayar destekli programların olanaklarının artması tasarımcıların bu gelişmelere kayıtsız kalmamasını sağlamıştır. Özellikle dijital araçların geleneksel yöntemler kadar yaygın bir şekilde kullanılması farklı tasarım ve

düşünme biçimlerini beraberinde getirmiştir. Ancak yine de “hem parametrik tasarım araçları hem de el eskizleri mimarlıkta kavramsal tasarım süreci için çok gerekli ve etkilidir” (Gürel, 2018: 1).

Londra Uluslararası Demiryolu Terminali olan Waterloo 1993 yılında Nicholas Grimshaw tarafından tasarlanmıştır. Terminalin çatısında parametrik tasarım yöntemi kullanılarak, araziye uyumlu çatı tasarımında tek bir makasın parametrik modeli yapılmıştır. Bu modelden hareketle oluşturulacak diğer makaslar için de parametreler belirlenmiştir. Çatı strüktüründe bulunan kemerde ölçek boyut ve pozisyon gibi parametreler belirlenmiş ve terminal boyunca değişen parametre değerleriyle oluşan makaslar seri bir şekilde üretilmiştir” (İnner, 2019: 21).

Şekil 32. Waterloo International Terminal Station Kesit ve Plan Çizimleri.



Kaynak: Royalacademy, 2022.

Yine parametrik tasarımın avantajlarından yararlanan bir başka mimar Zaha Hadid'dir. Hadid'in, Malevich'in figür-zemin algısı ve yaratımındaki kendine özgü kavramsal temsillerinden fazlasıyla etkilendiği son dönem tasarım paradigmalarında net bir şekilde görülmektedir. Malevich'in kübist-fütürist çalışmalarına benzer şekilde, Hadid mimariyi basitleştirilmiş formlar aracılığıyla tasvir etmiş, arka planı oluşturan manzarayı ve binaları şekil ve renk açısından aynı şekilde ele alarak figür-zemin ilişkisini güçlendirmiştir. 2006 tarihli Signature Towers Projesi'nde iç içe geçen üç kuleden oluşan dinamik bir silüet tasarlamıştır. İlk bakışta düzensiz görünen bu yapıda, koreografik hareket, üç kuleyi tek bir genel görünümde birleştirir ve dönen tel kafes perspektiflerle temsil edilen podyum, köprüler ve ötesinde yer alan manzara vasıtasıyla bir dizi kamusal alanla örülür (Lee, 2015: 407).

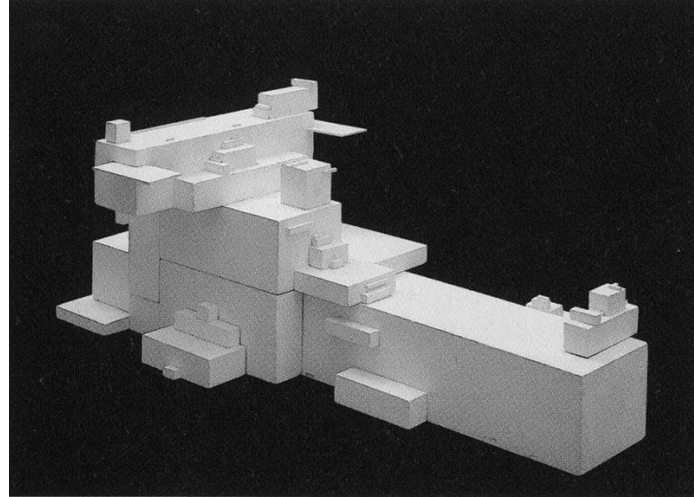
Şekil 33. Zaha Hadid, Signature Towers, Dubai, 2006.



Kaynak: Zaha-hadid, 2022.

Malevich'in sanat anlayışında git gide nesnesizleşen alanlar, bir süre sonra geometrik üç boyutlu formlara dönüşerek mekansal bir inşanın örneği olmuşlardır. “Malevich 1920’lerde bazılarına ‘Arkitekton’ dediği üç boyutlu nesneler yapmıştı. Bunlar mimari biçimde soyut denemeler sayılabilirdi. Malevich’in yarar amacı güden tasarımı kendine tanıdığı sınırı belirleyen yapıtlardı bunlar” (Lynton, 2009: 120).

Şekil 34. Kazimir Malevich, Alpha Architecton, 1920.



Kaynak: Fabrizi, 2015.

2013’te hizmete giren Haydar Aliyev Kültür Merkezi’ni Zaha Hadid ve ortağı Patrick Schumacher parametrik olarak tasarlamıştır. Karmaşık ve dikkat çekici bu bina dünya mimarisi adına da büyük önem teşkil eder. Hadid ve Schumacher bu bakış açısıyla bir dizi farklı projeye imza attı. Schumacher, parametrik tasarımın 20 yıl boyunca geliştiğini ve mimari hareketleri geride bırakarak yeni bir öncü hareket haline geldiğini vurgulamıştır. Bu yeni harekette görsel kaygıya dayalı bir mimariden

performansa dayalı bir mimariye geçiş başlıyor” (Schumacher 2009’dan akt. Gürel, 2018: 25-26).

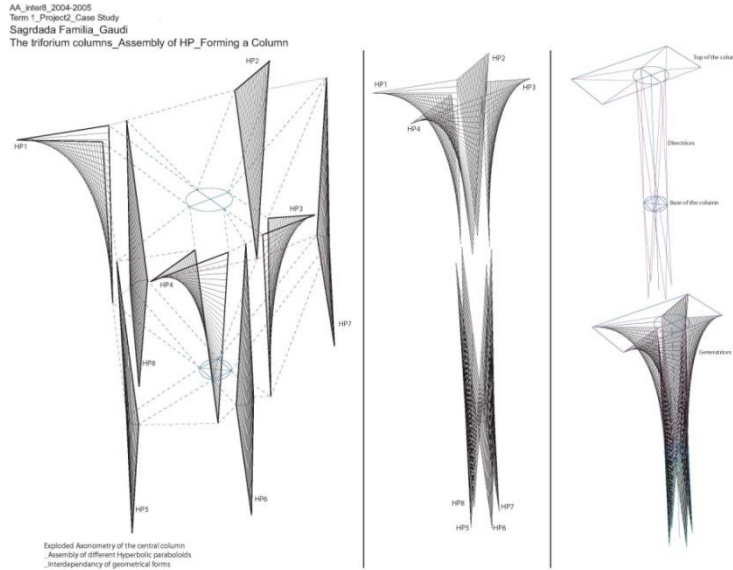
Şekil 35. Zaha Hadid, Patric Schumacher, Haydar Aliyev Kültür Merkezi, 2013.



Kaynak: Arkitektuel, 2022.

Diğer bir parametrik tasarım örneğini temsil eden, Antonio Gaudi’nin tamamlayamadığı eseri Sagrada Familia’da parametrik tasarım düşüncesiyle inşa ettiği asma zincir modeline işaret eden baş mimarı Mark Burry’dır. Burry hala parametrik modelleme teknolojileri ile geleneksel yöntemleri bir arada kullanarak yapının tamamlanması için çaba göstermektedir.

Şekil 36. Mark Burry, Triforyum Sütun Tertibatı.



Kaynak: Mamou-Mani, 2011.

Gaudi mimari tasarımlarında parametrik tasarım yöntemlerini kullanarak başlamış, katener eğrileri ve sonunda parametrik hiperbolik paraboloidlerle denklemler oluşturmuştur. Mark Burry de Gaudi'nin bu ilişkisel geometri modelleme mantığını sürdürerek parametrik varyasyonlar üretmiştir (Makert ve Alves, 2016: 89-90). Öte yandan Mark Burry, Gaudi'nin özgün sütun tasarımlarını parametrik modelleme araçları yardımıyla yeniden üretmeyi başarmış, Sagrada Familia'nın henüz inşa edilmemiş parçalarının sergilendiği bir sergi düzenlemiştir.

4. ÇAĞDAŞ SANAT VE PARAMETRİK TASARIM

Çağdaş düşünce yeni yorumlama ve üretim yöntemleri ortaya koymaya olanak sağlar. Özellikle teknolojik gelişmeler ve yeni üretim yöntemlerine ulaşmanın kolaylığı sanat yapıtı üretme sürecini de farklılaştırmıştır. Teknolojinin sınırsız dünyasında sanatsal düşünce de kendi bakış açısıyla var olmaktadır. Beğeni ve beklentilerin de zamanla evrilip farklılaştığı çağdaş dünyada, ortaya konan her şey kendi iletişim dilinin belirleyicisidir. Teknoloji çağı adı verilen dönemle birlikte insanın o ana kadar manuel şekilde yaptığı çoğu işi araç, gerek ve makineler yardımıyla yapar hale gelmesi yeni bakış açılarının önünü açmıştır. Ancak her koşulda sanat önemini ve benzersizliğini korumayı başarmıştır.

Parametrik ve algoritmik araçlar standart dışı geometriler ve karmaşık formlar elde edilmesine olanak sağlar. Bu bağlamda ihtiyaç duyulan hemen her alanda form ve yapılar hem karmaşık hem de daha detaylı bir şekilde tasarlanmış olur. Özellikle 90'lı yıllarda hızlı bir şekilde gelişen dijital tasarım ortamı, nesnelerin önceden belirlenmiş parametreler yardımıyla hızlı bir şekilde ve üç boyutlu modellenmesine ortam hazırlamıştır. Teknoloji her ne seviyeye gelirse gelsin, yaratıcı düşünce ve estetik bakış açısı teknolojik olanakların çok ötesinde bir özellik taşımaktaydı. Sanatçının yaratıcı gücünün, yeteneğinin, zihinsel ve estetik süreçlerinin somut ifadesi olarak görülen sanat eseri, anlatım dilini kuvvetlendirecek her türlü malzeme ve yöneme gereksinim duyar.

4.1. ÖRNEK SANATÇILAR VE YAPIT ANALİZLERİ

Güncellenen tasarım yaklaşım ve araçlarından biri olarak çağdaş sanat ve parametrik tasarım ilişkisi bağlamında değerlendirilen, hesaplamalı tasarım örnekleri ortaya koyan sanatçılardan biri Rus Konstrüktivist Naum Gabo'dur. Gabo eserlerinde, 20. Yüzyıl mimarisi ve mühendisliğiyle benzer estetik ve yapısal kaygılardan hareketle,

hesaplanabilir geometrik biçimler, buna uygun çelik, alüminyum, plastik, cam ve naylon malzemeler kullanmıştır.

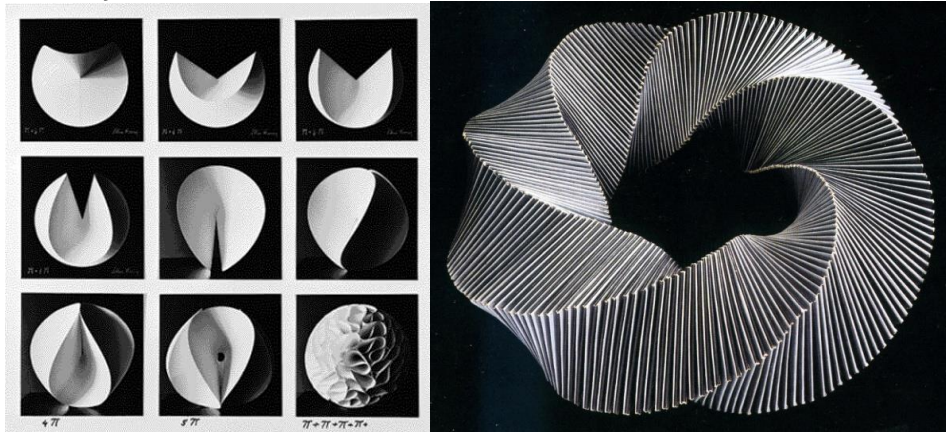
Şekil 37. Naum Gabo, Küresel Temada Yarı Saydam Varyasyon, 1937, Camdan Hafif Dayanıklı Şeffaf Plastik, 56,8 x 44,8 x 44,8 cm



Kaynak: Özkul, T. 2019: 58.

Gabo, eserlerini çeşitli varyasyonlar elde edecek parametrelerle, farklı konfigürasyonlar oluşturarak ortaya koymaktadır. Bunlardan biri olan Küresel Temada Yarı Saydam Varyasyon adlı eseri “...iç bükümlü yüzeylerden meydana geldiği için uzayı içine yerleştirerek son haline, gerilmiş görüntüsüne ulaşır. Bu şekilde algılanmasının bir başka nedeni de üretimde kullanılan malzemedir. Gabo’nun kullanmış olduğu malzemenin saydamlığı sayesinde üç boyutlu üretimleri önden izlenirken aynı anda üretimin arkası da görülebilir” (Özkul, 2019: 56). Gabo, Spheric Theme (küresel tema) eserini “Sculpture Generator ismi verilen sayısal programlama yöntemi ile çözümlenmiş ve geniş bir biçim varyasyonu üretebilecek şekilde parametrelerin seçimi ile türetilme potansiyeli deneyimlenmiştir” (Séquin, C. H., 2007’den akt. Beşlioğlu, 2013: 23).

Şekil 38. İlhan Koman, Pi serisi 1980-83 – Mobius bandı, 1986.



Kaynak: Leblebitozu, 2022.

Sanat ve bilim arasında ilişki kuran, teknolojik buluşları sanatıyla birleştiren İlhan Koman, hesaplamalı tasarım düşüncesinin heykel sanatındaki önemli isimlerinden birisidir. “İlhan Koman sanata yaklaşımında bilimsel kavramlarla kurduğu ilişkiyi yorumlarken, kendi çalışmasının da tıpkı bilimsel çalışmalar gibi ucu açık ve geliştirilebilir olduğunu dile getirmiştir. Sanatçının bilimsel yaklaşımlarla kurduğu ilişki özellikle 1970 sonrasındaki eserlerinde ele aldığı π , Çokyüzlüler, Sonsuzluk, Moebius gibi kavramların ışığında da açıkça okunabilmektedir” (Beşlioğlu, 2013: 18).

Çağdaş sanat içerisinde bilgisayar teknolojisi ve dijital unsurları algoritmik hesaplama yoluyla, çalışmalarında sıklıkla kullanan Peter Kogler, özellikle dijital kurgularla mekânı yeniden biçimlendirerek var olan mekânları sanal mekânlara dönüştürmüştür. Kogler, mekâna ve insana ait kodlar yardımıyla ürettiği sanal mekânlarda gerçeklik algısı oluşturmuştur (Sağlam, 2020: 54).

Yeni medya sanatçısı olara bilinen, fraktal ve fraktal yapılar özgül algoritmaları eserlerinde hareketli görüntülerle birleştiren Ozan Türkkan, “...Jeneratif çalışmalarında farklı algoritma türlerinden, polinom fonksiyonlarından, fraktal üretim tekniklerinden yararlanmaktadır. Çalışmalarında doğum, ölüm ve yeniden doğuş gibi evrimsel süreçleri, zihnin mani ve depresyon süreçlerinde deneyimlenen değişimleri, kuantum fiziği, ışık, ses ve frekans gibi fiziksel terimleri bir bilim insanı gibi incelemektedir. Projeler, uzun süren araştırma ve okumalarla felsefi bir altyapı kazanmakta ve gelişmektedir” (Güney ve Uysal, 2019: 304).

Şekil 39. Ozan Türkkan, Subtle, Audio Visual Installation, 2016.



Kaynak: Kazanç, 2016.

“Doğanın algoritması, çok boyutluluk, evrenin dinamik fraktal yapısı, düzen ve düzensizlik gibi konuları temel alarak, güncel bilgisayar araçları ve farklı yazılım dillerini kullanmaktadır. Fraktal geometri odaklı hareketli ve hareketsiz imajlar üreterek interaktif enstelasyonlar geliştirmektedir. Doğanın dengesi ve işleyişindeki sorgulamalarını izleyiciye aktarırken teknolojiyi kanvas olarak kullanmaktadır” (Uyan, 2019: 74).

Şekil 40. Peter Kogler, ING Art Center, Brussels, 2016.



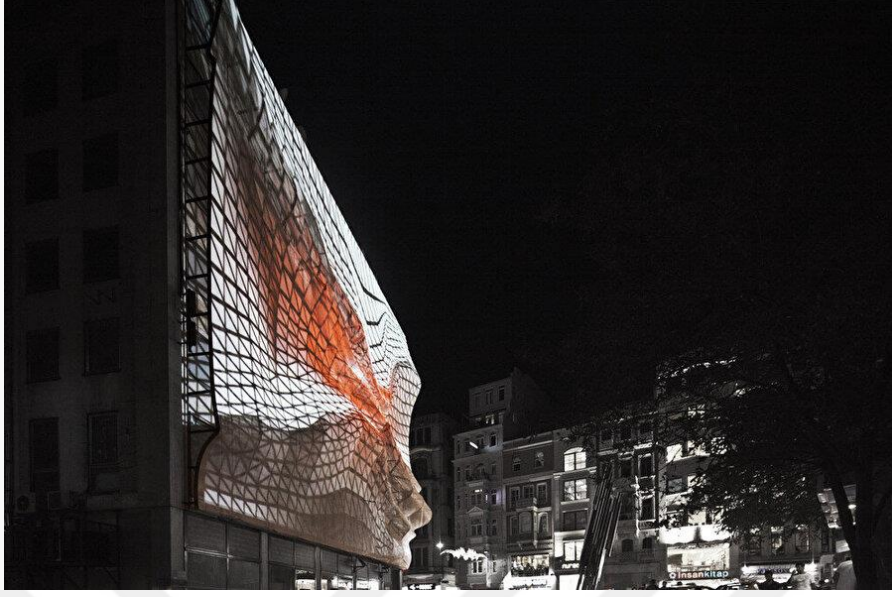
Kaynak: Jobson, 2016.

Peter Kogler, çarpık lunapark aynalarını andıran baş döndürücü duvar grafikleriyle sıradan galerileri, merkezleri ve lobileri neredeyse halüsinatif deneyimlere dönüştürmüştür. Avusturyalı sanatçı 30 yılı aşkın bir süredir mimari ve yeni medyanın kesiştiği noktada çalışarak hem sürükleyici ortamlar hem de fiziksel mekânları yeniden tanımlayan heykelsi öğeler inşa etmiştir. Duvarları optik illüzyonlarla sıvayarak, borular, karıncalar ve tekrar eden yılan benzeri desenlerden oluşan iddialı monokromatik enstalasyonlarıyla izleyicinin derinlik duygusuna (ve akıl sağlığına) meydan okumuştur.

Sanat, bilim ve teknolojinin kesiştiği noktada yer alan medya sanatçısı, yönetmen ve tasarımcı Refik Anadol'un mekana özgü parametrik veri heykelleri, canlı görsel/işitsel performansları ve sürükleyici enstalasyonları büyüleyici bir bakış açısı sunmaktadır. Çeşitli algoritmalar ve makine zekasını kullanarak yapay zeka ve sanatı başarılı bir şekilde sentezlemektedir.

“Sanatçı, mekana özgü kamusal sanat kompozisyonları üretiyor. Görsel performans alanlarında, mimariyi kanvas, ışığı ve veriyi materyal olarak kullanarak dijital ve fiziksel dünya arasındaki alanı araştırıyor” (Kokudal, 2021).

Şekil 41. Refik Anadol, Aktif Strüktürler: Akustik Formasyon'un Yapı Kredi Kültür Sanat cephesinde yansıması, 2011.



Kaynak:  nal, Z. D. 2021

Refik Anadol, ilk içlerinden birisi olan Aktif Strüktürler: Akustik Formasyon çalışmasını, 2011'de Alper Derinboğaz ile İstiklal Caddesi'ndeki Yapı Kredi Kültür Sanat binasının cephesinde gerçekleştirmiştir. Bu  alışmasında İstanbul'un önemli akslarından birisi olan İstiklal Caddesi'nin akustik hafızasını kaydeden sanatçı; mimar besteci Iannis Xenakis'in "Metastaseis" eserinin ilk notlarından esinlenerek, ses kayıtlarını 3 boyutlu formlara dönüştürmüştür. Ekibi ile gerçekleştirdiği çalışmada VVVV ve Rhino Grasshopper platformlarını kullanan Anadol; sosyal hayatın içerisinde yer alan sanatı, teknoloji ile başarılı bir şekilde entegre ederek alışılmadık bir deneyime olanak sağlamıştır ( nal, 2021).

Eserlerindeki estetik devinimi oluştururken farklı disiplinlerden aldığı verileri dijital ortama yansıtan ve  ağdaş heykel alanındaki çalışmalarının çizimlerini dijital uygulamalar üzerinden gerçekleştiren Seçkin Pirim, dijital dünyanın olanaklarıyla oldukça başarılı çalışmalar ortaya koyan önemli bir sanatçıdır. Eserlerinde her zaman farklı malzeme ve üretim tekniklerine yer vermiş; teknolojik gelişmelerin kendi sanatı için zaman kazandırma özelliğinden faydalanmıştır.

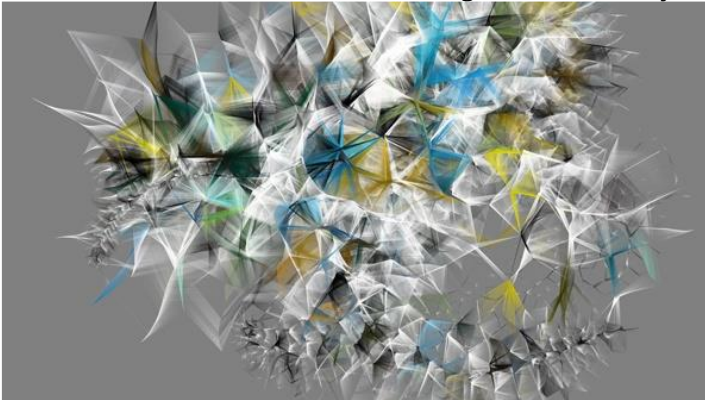
Şekil 42. Seçkin Pirim, Gate of Zero, 2021, Maldivler.



Kaynak: Dirimart, 2021.

Seçkin Pirim'in Maldivler'de Gate of Zero. Dünyaca ünlü Türk sanatçı ve heykeltıraş Seçkin Pirim, Maldivler'deki Bodufushi Adası'nda bulunan bir sağlıklı yaşam merkezi olan Joali Being için kalıcı bir heykel olarak 'Gate of Zero'yu tasarladı. Tasarımcı, insanların içinden geçerek eseri tam anlamıyla yaşayabilecekleri bir yapı özelliğindeki bu tasarımın geometrisini oluşturmak için parametrik tasarım ve hesaplama araçlarını kullanarak karmaşık algoritmalar kullanmıştır. Heykele benzeyen geometri bir geçit görevi görerek ziyaretçileri adaya davet etmektedir. Semazenlerin etek formundan esinlenerek oluşturduğu tasarımında, ziyaretçilerin içinde yürümesine ve iç mekanların tadını çıkarmasına olanak tanımıştır (parametricarchitecture, 2022).

Şekil 43. Casey Reas, Solda Network A, Process 4, 2009, Dijital Çalışmasından Anlık Görüntü ve Immuring, 2011, Enstalasyon.



Kaynak: Güney ve Uysal, 2019: 303.

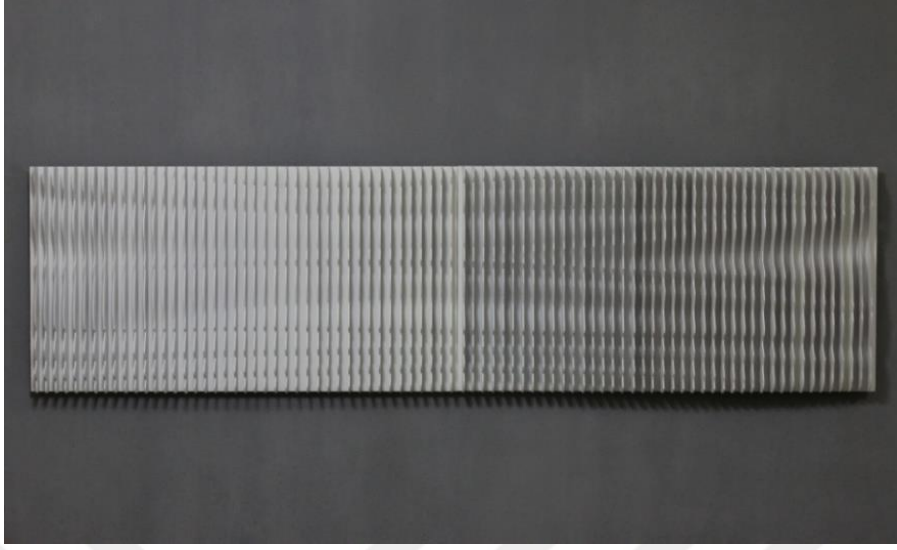
Eserlerinde sanat ve bilimi başarılı bir şekilde bir araya getiren Casey Reas, sanatsal üretim sürecinde kullanılması yararlı olan yazılımların doğrudan sanatçının hizmetine sunulması için yaratıcı kodlama programı olarak bilinen Processing'in geliştirilmesine katkı sağlamıştır. "Reas, eskizlerini tasarladığı çalışmaları kodlara dönüştürmekte ve aşama aşama oluşturduğu algoritmalarla benzersiz görseller oluşturmaktadır. 2004 ve 2010 yılları arasındaki Processing ile geliştirdiği süreçler, basit çizgi ve dairelerden oluşurken tasarladığı algoritmalarla çalışmalar dönüşüm geçirmekte sanatsal formlar kazanmaktadır. Süreç devamlı geliştirilerek dijital baskı, video sanatı ve enstalasyon gibi farklı sanat ifade yöntemlerine dönüştürülmüştür" (Uysal, 2019: 86).

5. ESER METNİ

Sanat ve bilimin kesişim noktasını oluşturan en önemli husus, kendi koşullarına uygun estetik anlayışı temelinde hesaplamalı (algoritmik) bir sürece dayandırmalarıdır. Burada teknolojinin sağladığı olanaklar doğrultusunda bilgisayar programlarından yararlanarak algoritmik şekilde hesaplanmış olanla rastlantısal olanın bir aradalığı söz konusudur. Sanatçının içsel yolculuğundan, kültürel birikiminden, estetik kaygılarından, teknik bilgi ve malzeme seçiminden eseri sunuş biçimine kadar her şey görünmez bir planlama içerir. Teknoloji tam da bu planlama noktasında kısıtlılığı ortadan kaldıran, versiyonlarıyla düşünme avantajı sağlayan bir olanaklar bütünüdür. Özellikle çağdaş sanat içerisinde malzemenin seçilmesi, işlenmesi, öngörülen sanat eserine dönüşmesi olanaklar dahilinde gerçekleşebilen aşamalı bir süreçtir. Parametrik tasarım araçlarının inşacı bir yaklaşımla özellikle mimari ve endüstriyel üretimler için tasarlandığı bilgisinden hareketle sanata uyarlanabilirliğinin araştırılması, karşılaşılan örnekler ışığında değerlendirilmesi, çağa uygun yenilikçi bir bakış açısının temsiline katkı sağlama kaygısını beraberinde getirmiştir.

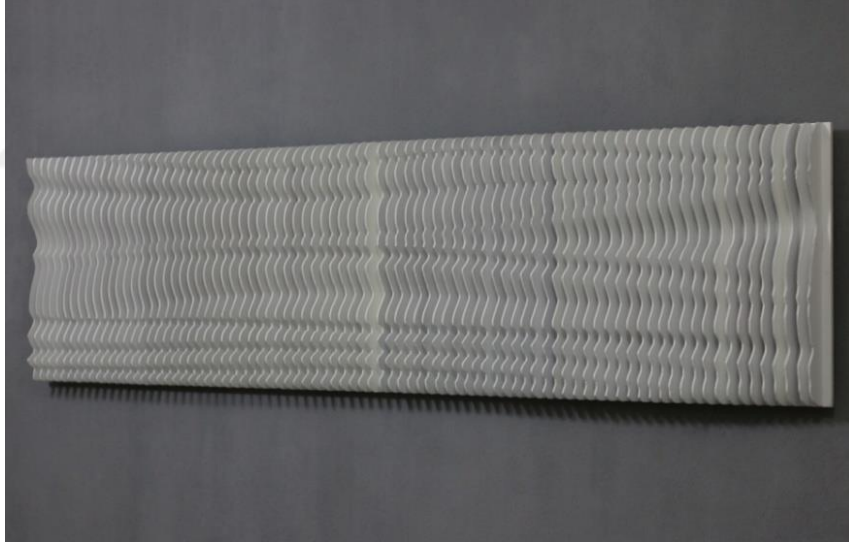
Çalışmanın uygulama kısmında öncelikle parametrik düşünceyle tasarlanan, manuel kesim ve düzenleme örneklerine yer verilmiştir.

Şekil 44. Mustafa Yüzükoca, “İsimsiz”, Parametrik Düzenleme, 84 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 196x52x10 cm,(önden görünüş), 2020.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 45. Mustafa Yüzükoca, “İsimsiz”, Parametrik Düzenleme, 84 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 196x52x10 cm, (yandan görünüş), 2020.



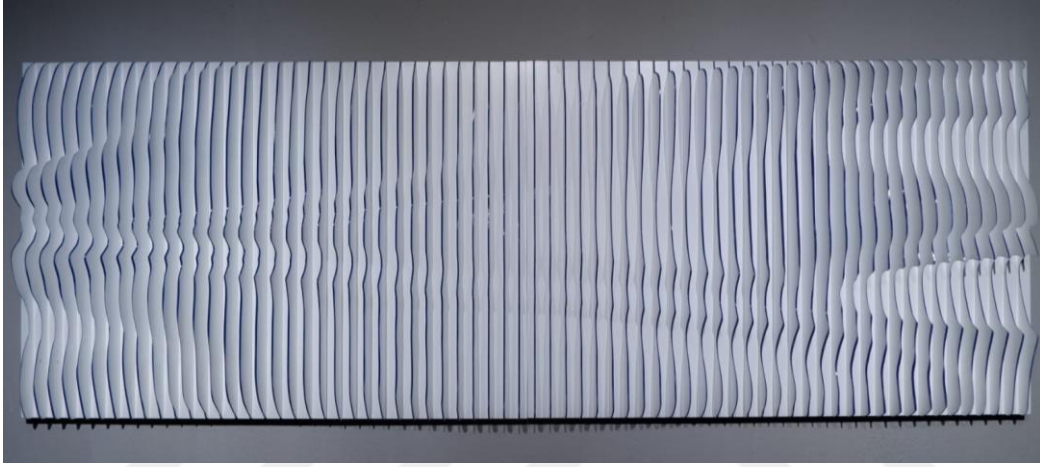
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Mekanın seçimi, mekanda ışığın verililişinin esere katkısı ve bunun sonucunda elde edilen boyutluluk, hareket ve zamansallık tüm bu planlama sürecinin buluş aşamasına işaret etmektedir. Süreç içerisinde eserin algılanmasına en büyük katkıyı yapacağı düşüncesiyle ışığı etkili kılmak amacıyla, zemin ve parçaların tamamının beyaz renk olmasına karar verilmiştir.

Resim 31, 32, 33 ve 34’de görselleri iki açıdan verilen her iki çalışmada, mdf malzemenin planlanan çalışmaya göre kabaca şekillendirilmesinin ardından belirlenen

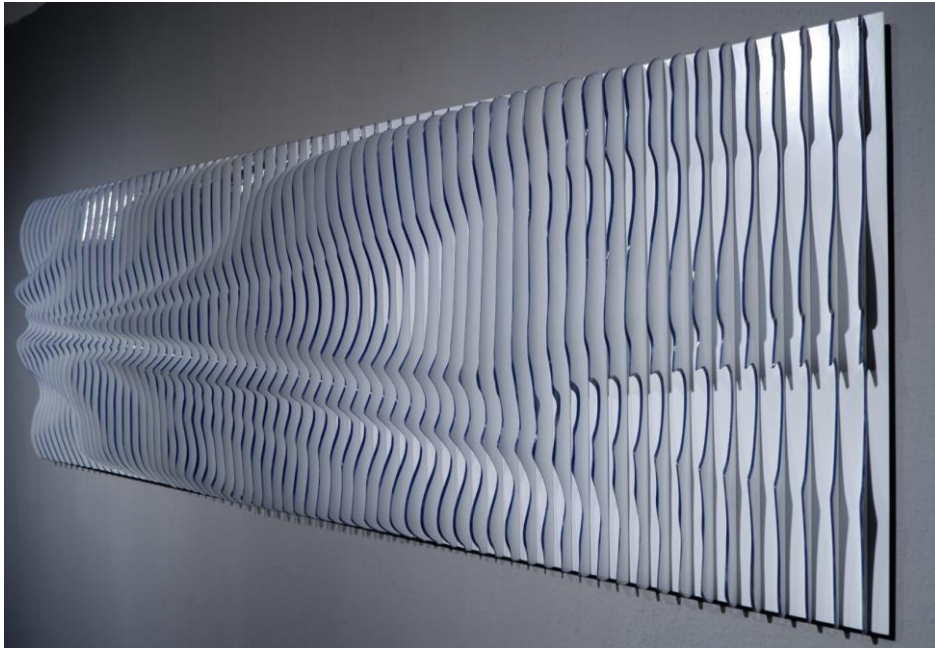
forma göre işaretlemeleri yapılmış, birimler halinde dilimlenerek parametrik yapısı oluşturulmuştur. Daha sonra alanların gerekli yüzey düzeltmeleri yapılarak boyama işlemine geçilmiştir. Poliüretan boya ile boyama işlemi katmanlar halinde opak bir görünüm elde edilene kadar tekrarlanmıştır. Parametrik düşünceyle tasarlanan bu çalışma ile mekanın içerisinde ve uygun ışıkla belirli bir mesafeden izlendiğinde etkisi artan, hareket algısını en üst seviyeye taşıyan ve kimi zaman birim, kimi zaman bütünün kendisi olarak algılanabilen bir zamansallık elde edilmeye çalışılmıştır.

Şekil 46. Mustafa Yüzükoca, “Düzenek”, Parametrik Düzenleme, 68 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 200x70x10 cm, (önden görünüş), 2022.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

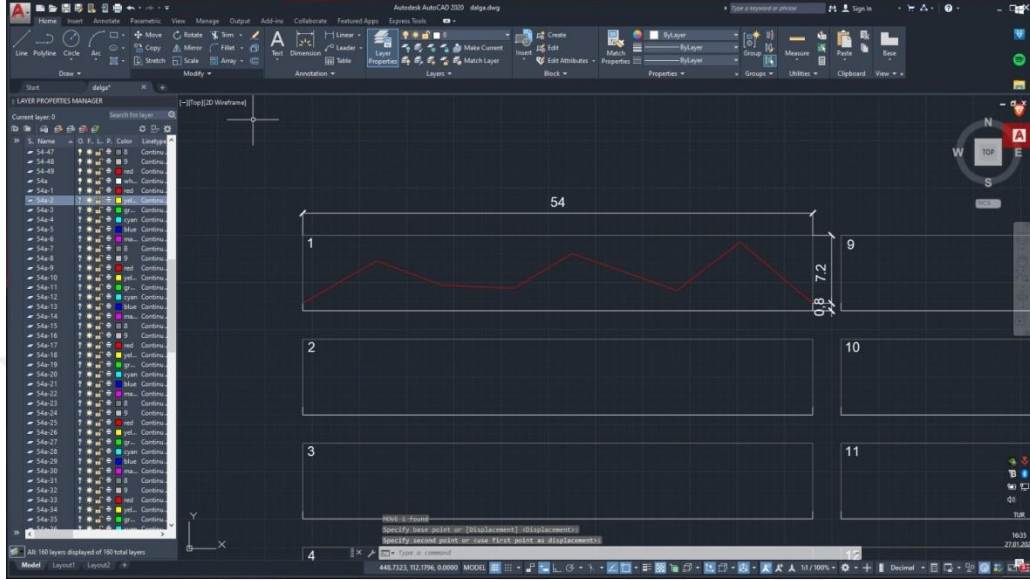
Şekil 47. Mustafa Yüzükoca, “Düzenek”, Parametrik Düzenleme, 68 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 200x70x10 cm, (yandan görünüş), 2022.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

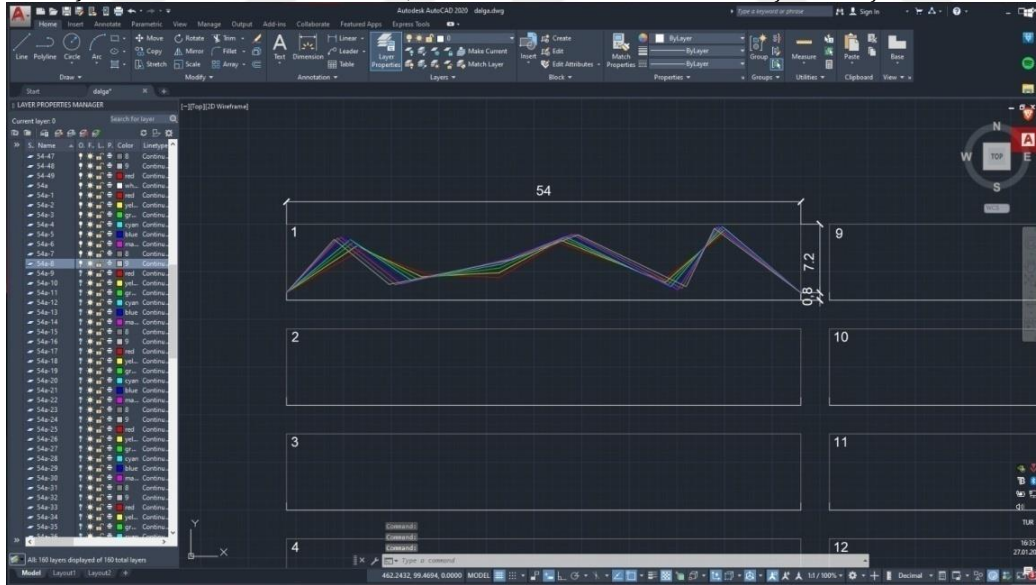
Çalışmanın uygulama kısmının bu aşamasında çizim ve modellemeleri AutoCad ve SketchUp programları ile hazırlanan tasarımların, dijital kesim ile birimler halinde hazırlanıp tasarım doğrultusunda birleştirilerek renklendirme aşamasına kadar kademeli verilışı bulunmaktadır.

Şekil 48. Mustafa Yüzükoca, Autocad Parametrik Tasarım Çizim Aşaması -1



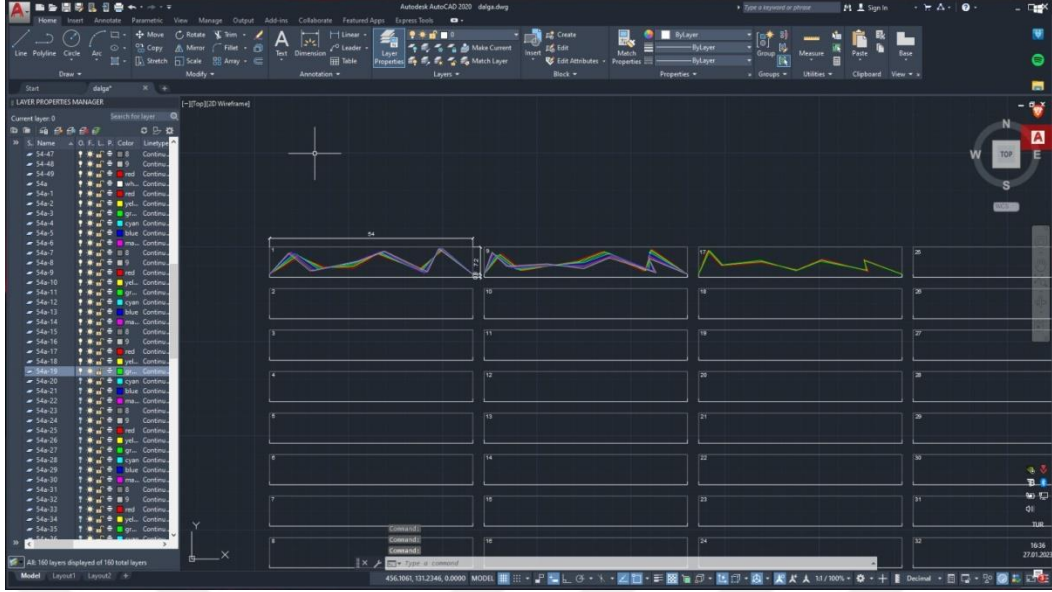
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Bilgisayar Ekran Alıntısı.

Şekil 49. Mustafa Yüzükoca, Autocad Parametrik Tasarım Çizim Aşaması -2



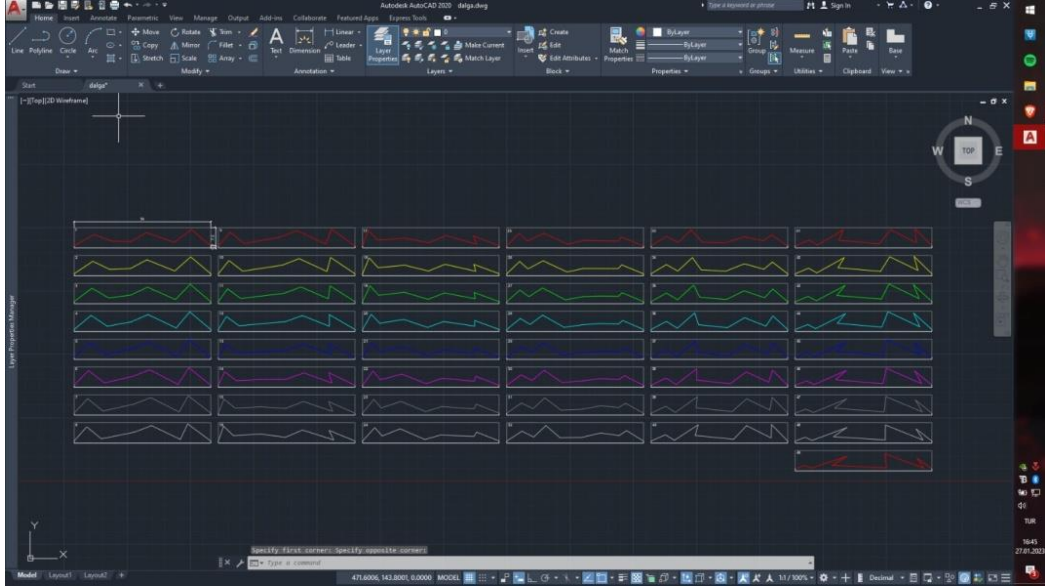
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Bilgisayar Ekran Alıntısı.

Şekil 50. Mustafa Yüzükoca, Autocad Parametrik Tasarım Çizim Aşaması -3



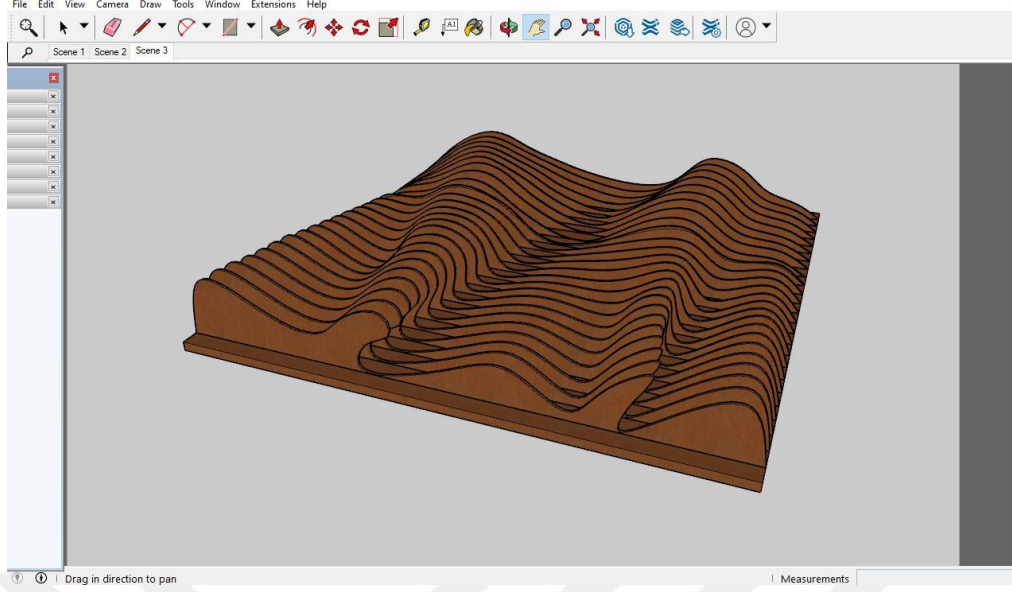
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Bilgisayar Ekran Alıntısı.

Şekil 51. Mustafa Yüzükoca, Autocad Parametrik Tasarım Çizim Aşaması 4



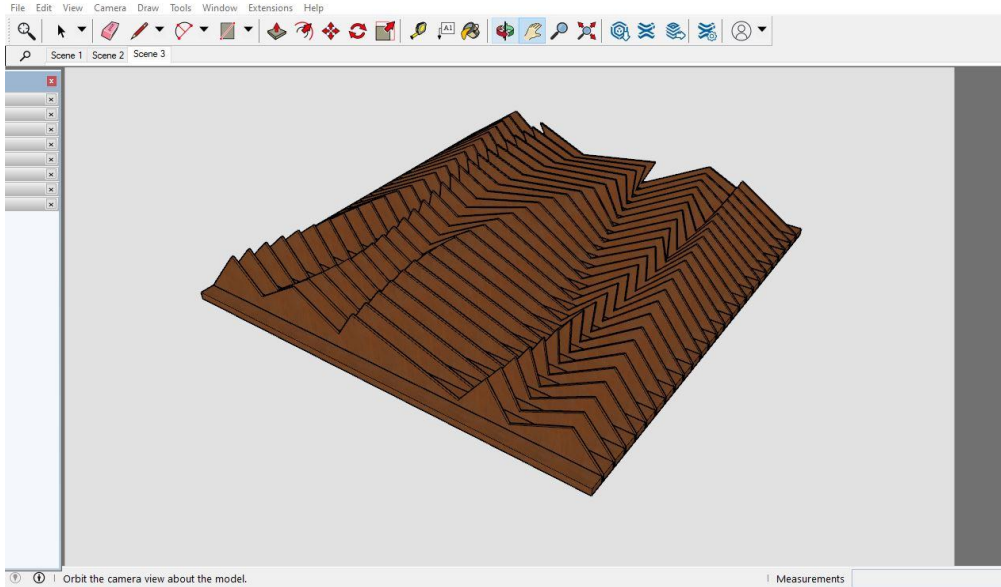
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Bilgisayar Ekran Alıntısı.

Şekil 52. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Sketchup Modelleme 1



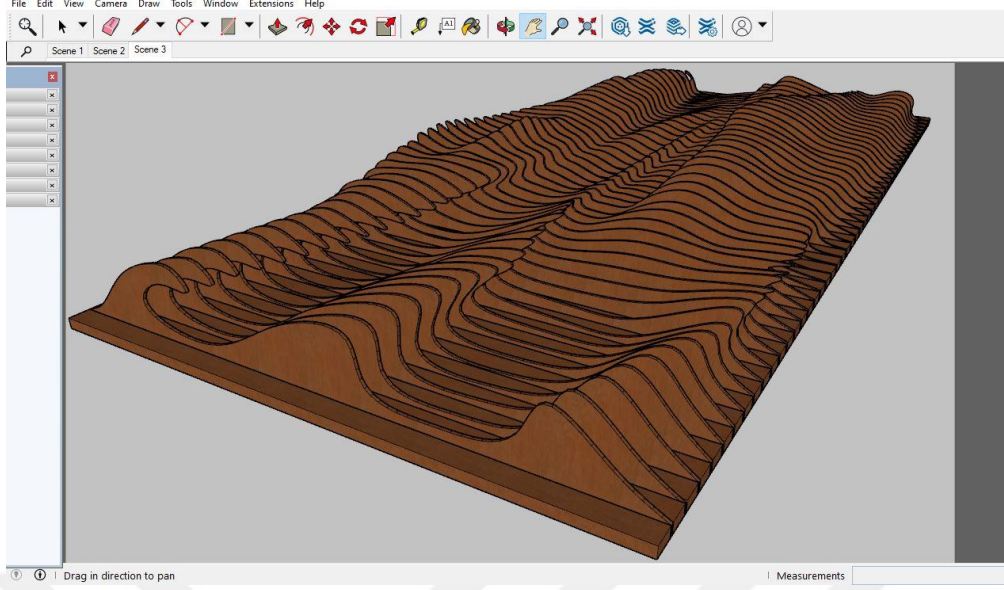
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Bilgisayar Ekran Alıntısı.

Şekil 53. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Sketchup Modelleme 2



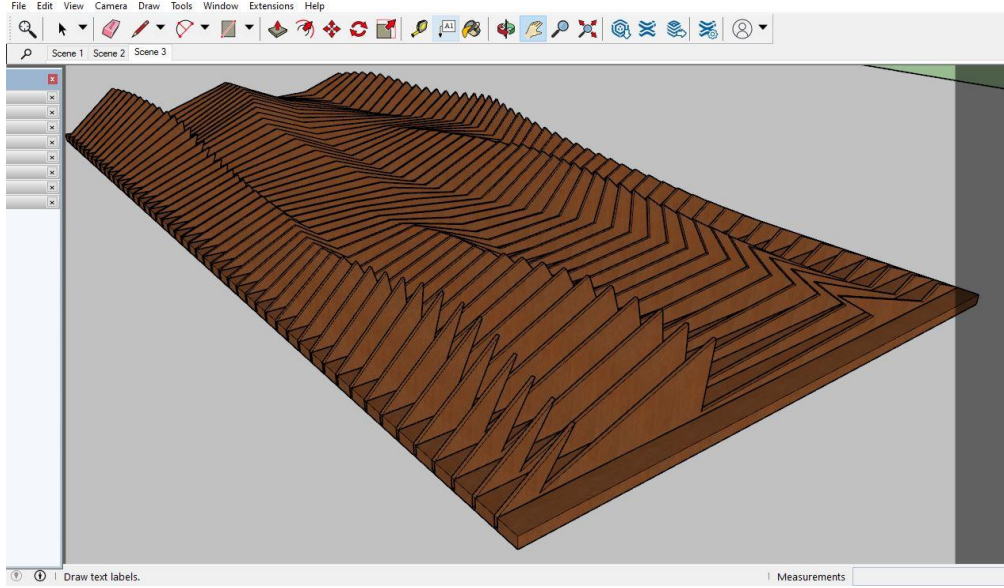
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Bilgisayar Ekran Alıntısı.

Şekil 54. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Sketchup Modelleme 3



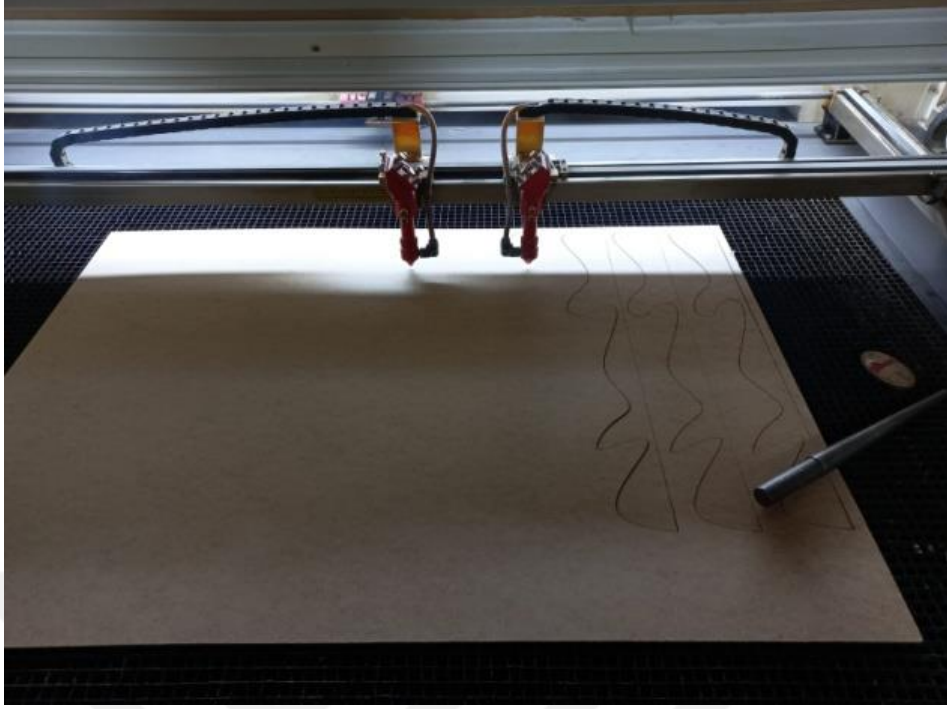
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Bilgisayar Ekran Alıntısı.

Şekil 55. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Sketchup Modelleme 4



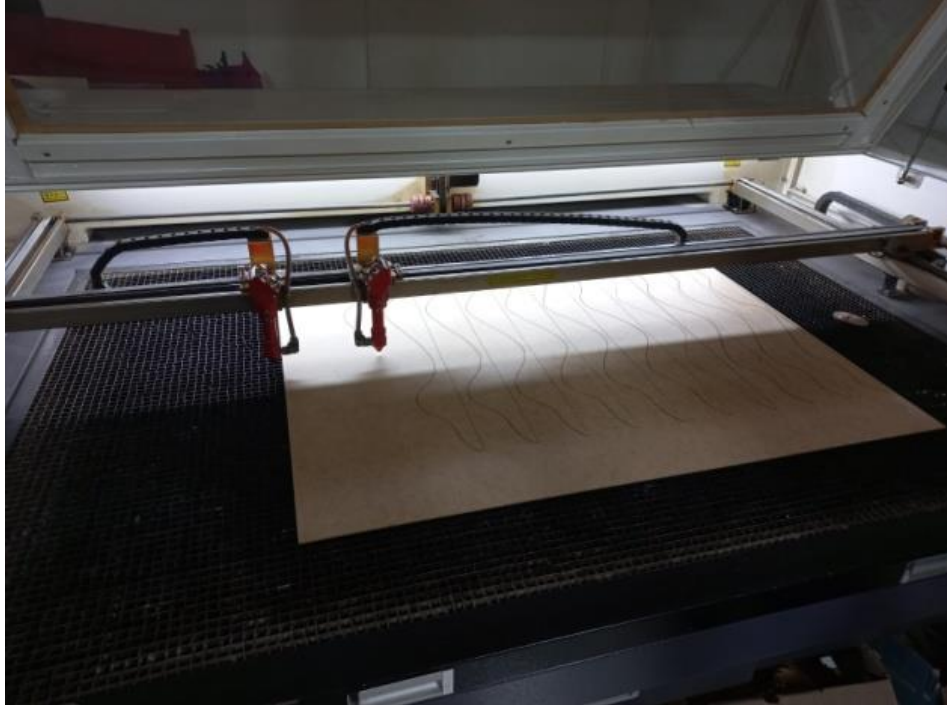
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Bilgisayar Ekran Alıntısı.

Şekil 56. Mustafa Yüzükoca, Lazer Kesim Aşaması -1



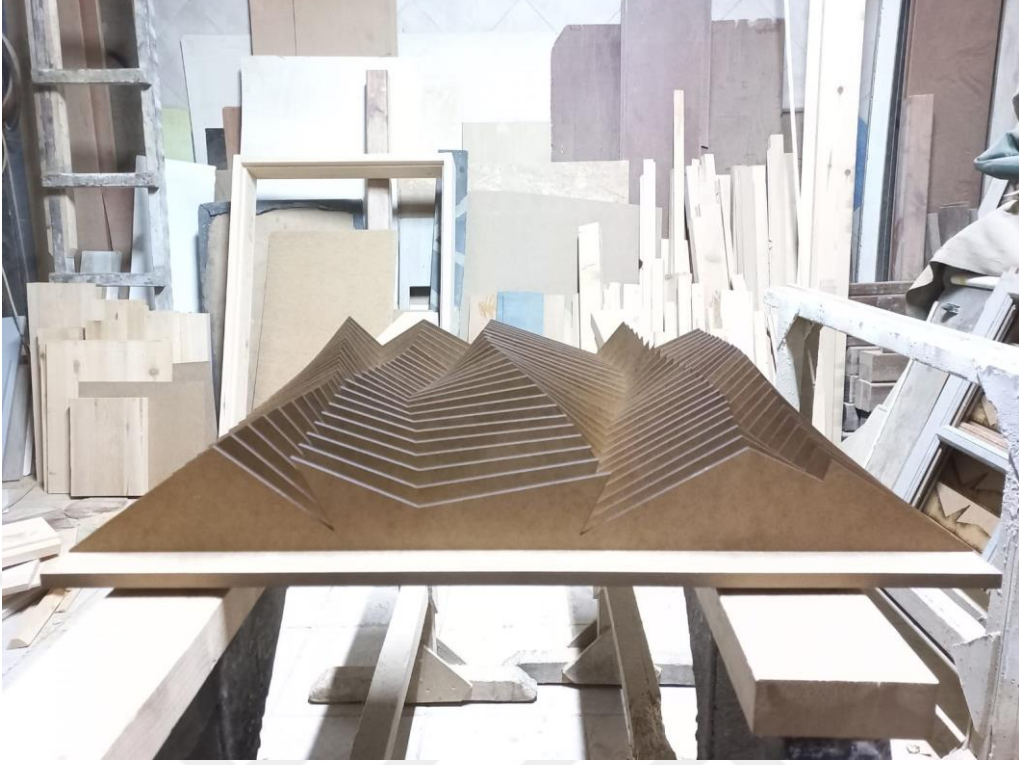
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Üretim Aşaması Görseli.

Şekil 57. Mustafa Yüzükoca, Lazer Kesim Aşaması -2



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Üretim Aşaması Görseli.

Şekil 58. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-1



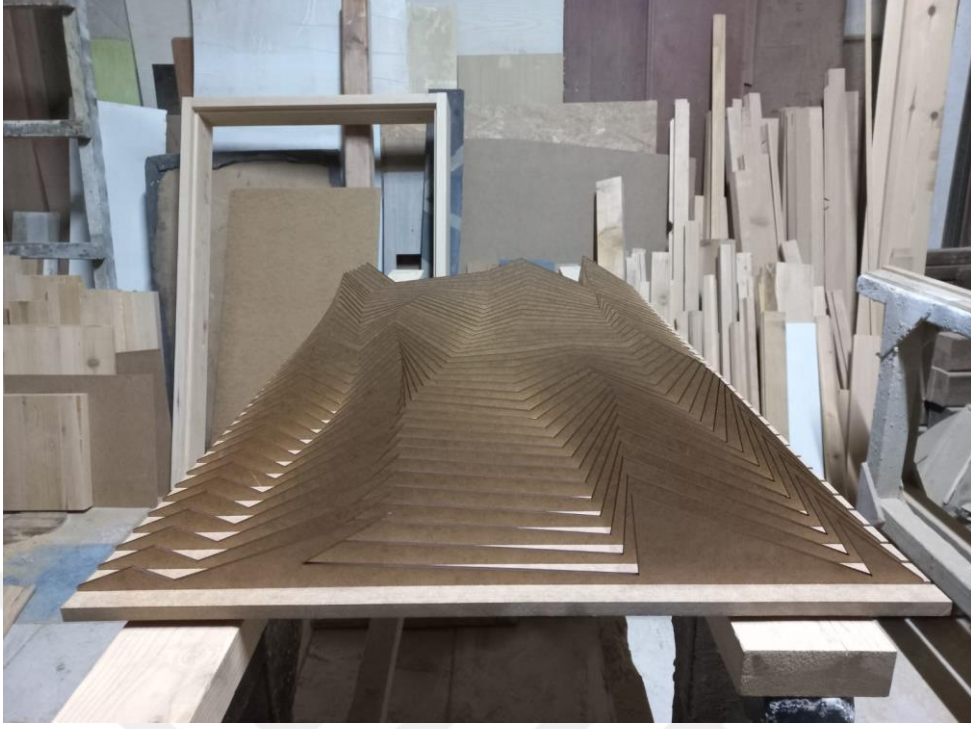
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Üretim Aşaması Görseli.

Şekil 59. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-2



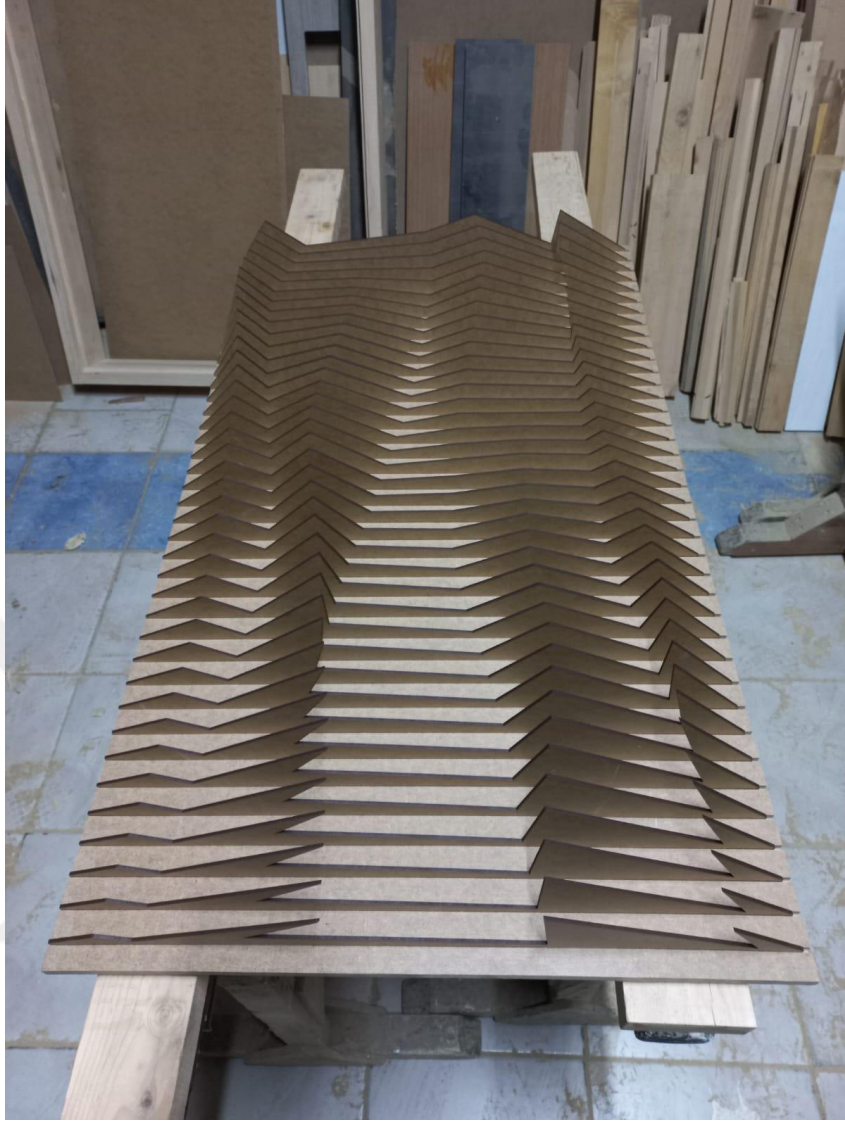
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Üretim Aşaması Görseli.

Şekil 60. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-3



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Üretim Aşaması Görseli.

Şekil 61. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-4



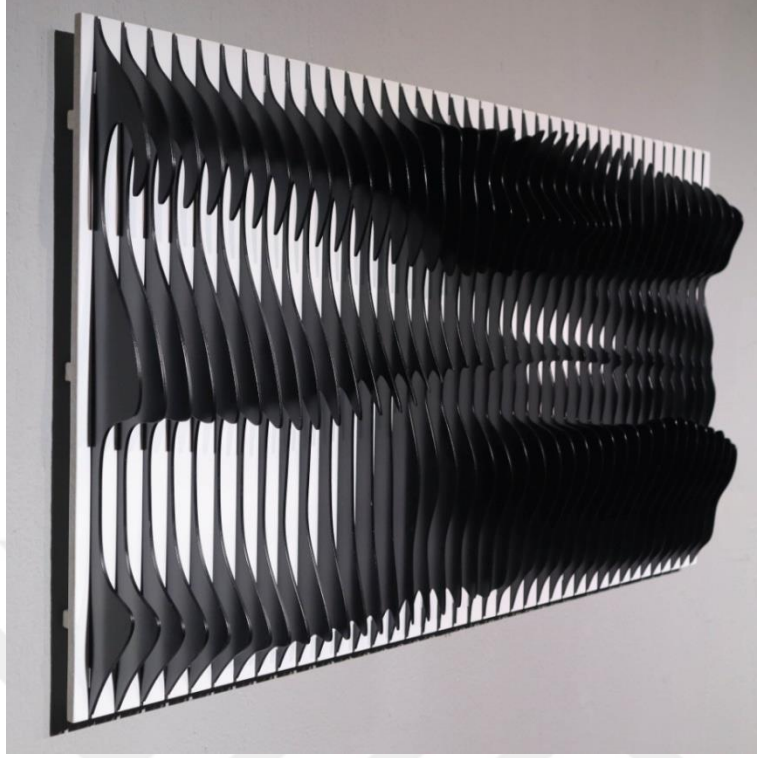
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Üretim Aşaması Görseli.

Şekil 62. Mustafa Yüzükoca, Parametrik Tasarım Yüzey Üzerinde Birleştirme-5



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Üretim Aşaması Görseli.

Şekil 63. Mustafa Yüzükoca, “Kinesis of Shadow”, Parametrik Düzenleme, 39 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x90 cm,(soldan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 64. Mustafa Yüzükoca, “Kinesis of Shadow”, Parametrik Düzenleme, 39 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x90 cm,(sağdan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 65. Mustafa Yüzükoca, “Neon Effect”, Parametrik Düzenleme, 39 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 54x90 cm, (soldan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 66. Mustafa Yüzükoca, “Neon Effect”, Parametrik Düzenleme, 39 Birim Mdf Üzeri
Poliüretan Boya, 54x90 cm, (sağdan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 67. Mustafa Yüzükoca, “Kinesis Wave”, Parametrik Düzenleme, 25 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 58x65 cm, (soldan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 68. Mustafa Yüzükoca, “Kinesis Wave”, Parametrik Düzenleme, 25 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 58x65 cm, (sağdan görünüş), 2023.



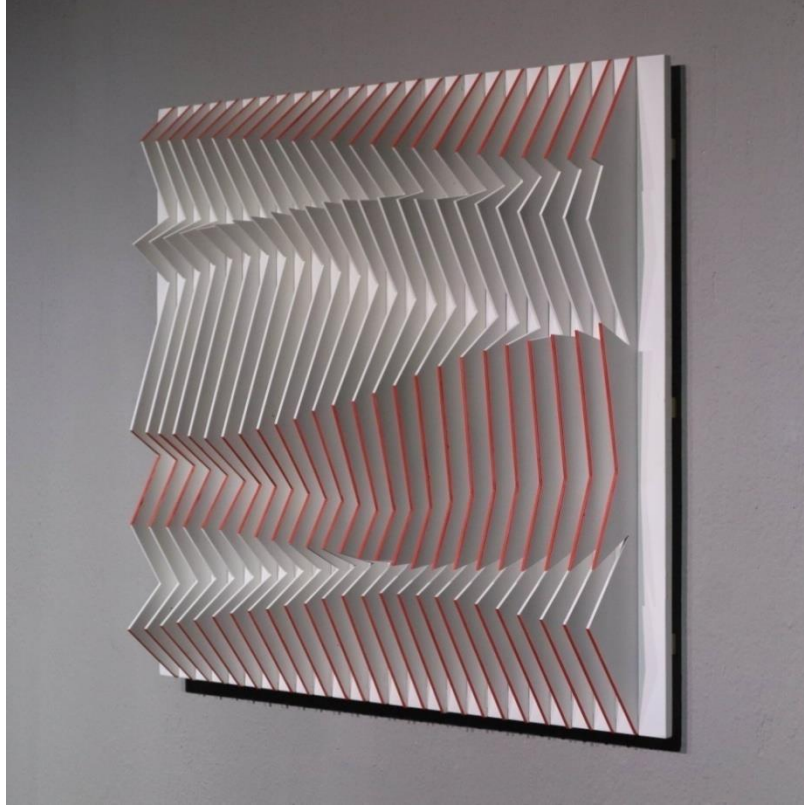
Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 69. Mustafa Yüzükoca, “Red Size”, Parametrik Düzenleme, 25 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 58x65 cm, (soldan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 70. Mustafa Yüzükoca, “Red Size”, Parametrik Düzenleme, 25 Birim Mdf Üzeri Poliüretan Boya, 58x65 cm, (sağdan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 71. Mustafa Yüzükoca, “Red Border”, Parametrik Düzenleme, 24 Birim Mdf Üzeri
Poliüretan Boya, 54x60 cm, (soldan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Şekil 72. Mustafa Yüzükoca, “Red Border”, Parametrik Düzenleme, 24 Birim Mdf Üzeri
Poliüretan Boya, 54x60 cm, (sağdan görünüş), 2023.



Kaynak: Mustafa Yüzükoca, Eser Fotoğraf Arşivi.

Başlangıcı yüzey üzerinde basit çizim, yüzeysel boyutlandırma, mekan içerisinde ışıkla birlikte planlama şeklinde ortaya konulan çalışmaların, malzeme seçimi ve malzemenin işlenmesi aşamalarıyla birlikte planlamaya dahil olan hesaplama, boyutlandırma, bütüne göre parçalara ayırma, bütünü görme açısından son derece önemlidir. Öte yandan kendi mekanıyla ve bir mekan için tasarlanmasının uygulanan yöntemin bir gerekliliği olarak vurgulanması sebebiyle, yine mekanın katkısı düşünülerek tasarımlar oluşturulmuş ve eser uygulamaları bu esasa göre ortaya konmuştur. Işığın eserin üzerinde oluşturduğu değişken etkiyi değerlendirebilmek amacıyla beyaz rengin yanı sıra hareket etkisini arttırması planlanan bölgelerde farklı renklerle de alan uygulaması yapılmıştır.



TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Çağın gerekleri doğrultusunda dijital teknolojilerin gelişimiyle birlikte geleneksel formlar yerini yenilikçi bakış açılarına bırakmıştır. Bu yeni bakış açılarından tüm sanat dalları da etkilenecek yeni ifade biçimleri, çeşitli malzeme kullanımları ve farklı sunuş yöntemleri ile izleyici için etkileyici bir süreç planlamaya başlamıştır. Bir sanat eserini gerçekleştirmeye zemin hazırlayan ilk düşünceden itibaren, son aşamaya kadar gelişme ve gerçekleştirmeye katkı sağlayan her türlü olguya gereksinim duyan sanatçı, bu gereksinim doğrultusunda deneysel bir takım girişimlerde bulunmuştur. Bu deneysellik teknoloji vasıtasıyla bilgisayar olanaklarının devreye girmesiyle olmuştur.

Bilgisayar çağının insana kattığı en önemli şey kuşkusuz hız ve çözümcü bakış açısıdır. Bir üretim yöntemi olarak parametrik tasarım da belli parametreler, algoritmalar ve sayısal değerler yardımıyla hızlı bir şekilde tasarlama, sonlandırma imkanı sağlar. Birbirine bağlı değerler bütünü ile hareket edildiğinden bir noktada yapılan değişiklik tüm sürece etki eder. Böylece yine zaman kaybetmeden çözüme ulaşılmış olur.

Parametrik tasarım her ne kadar doğrudan mimarlık ve endüstriyel ürün tasarımının bir yöntemi olarak düşünülse de, içinde geometrik bir tasarım sürecine ihtiyaç duyan her alanın katkı göreceği bir gelişmedir. Üstelik kendini sürekli yenileyen bilgisayar ve yazılım teknolojisinin günümüz üretimlerinde başat öge olduğu gerçeği unutulmamalı ve bu yenilikçi yöntemlerden faydalanmanın yolları aranmalıdır. Öte yandan geleneksel bakışın doğrudan etkisinden kurtulan sanat da parametrik tasarım, fraktal geometri ve algoritmik planlama olanaklarını kendi sanatsal anlatımına yedirmelidir. Sanatın neredeyse her alanında karşımıza çıkan üçüncü boyut arayışı, görsel algısal süreçte boyutlandırma unsurları, bu yeni yöntemler yardımıyla sanata katkı sağlayacaktır. Başından sonuna bir sanat eseri teknolojinin olanaklarıyla tasarlanmasa bile, bir çözümleme yöntemi ve üretim süreci planlaması olarak da kullanılabilir. Çünkü her şeyden önce parametrik tasarım revize etme, iyileştirme, yeniden planlama olanağı tanır.

Öte yandan doğanın mükemmel yapısının anlamlandırılmasında matematik ve geometriden faydalanan ve çeşitli formüllerle açıklamaya çalışan bilim insanları, yine doğadan yola çıkarak sanata yön veren sanatçılar için hep bir yol gösterici olmuştur. Buna göre matematik dehalarının belirlediği bir takım kurallar ve sayısal çözümler

sanatın gerek kompozisyon gerek biçim/form üretiminde belirleyici olmuştur. Geometri ile tasarlanmış, hesaplamalı, parametrik ve dijital tasarım paradigmaları aracılığıyla görselleştirilen sanat, mimari ve tasarım teknolojik olanakların takibi ve kullanımı noktasında ortak bir seyirde hareket ederler. İşlevsel, üretken ve yenilikçi bir bakış açısında çağdaş üretim yöntemlerini takip eden sanatçı, düşünce yapısını, algılayışını, yapıtını üretme sürecindeki teknolojinin önemini vurgulayan bir bakış açısına sahiptir.

Yeni teknikler, malzemeler ve farklılaşan sanat anlayışıyla yeni yüzyılın değişime açık yapısından aynı oranda etkilenen çağdaş sanat, geleneksel sanat anlayışından dijital sanata geçişte estetik anlayış açısından da bir dönüşüm geçirmiştir. O ana kadar doğanın geometrik yapısından, matematiğin hesaplamalı olanaklarından her fırsatta yararlanmış ancak yine de geleneksel sanata özgü niteliklerini içerisinde barındırma çabası içinde olmuştur. Dijital çağla birlikte her üretim alanını bir şekilde etkileyen bilgisayar teknolojisi çağdaş sanata da yaratıcı tasarım, varyasyon üretme ve hızlı bir şekilde yenisini tasarlama özelliği katmıştır. Burada özellikle çağdaş sanatta fraktal form üretimi ve üretme yöntemi olarak parametrik tasarımı yönteminin seçilmesi, fraktal sanat, dijital sanat ve parametrik tasarımın benzer algoritmik temeller üzerinden dijital yollarla oluşturulmasıdır. Çağın gereği olarak sanata özgü tüm plastik değerlerin, estetik özelliklerin bambaşka üretim teknikleriyle ortaya konması, hem teknoloji çağının bir sonucu hem de sanatın ihtiyacı olarak görülmektedir.

Burada özellikle sanat alanında henüz sıklıkla kullanılmayan ancak program olanakları farklılaştıkça sanata katkısı tahmin edilebilen parametrik tasarım yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem aslında fraktal geometrideki kendine benzerlik, kesirli boyutlandırma ve karmaşıklık özelliğinden hareketle algoritmik şekilde tasarlanma esasına dayanır. Öte yandan sanat ve tasarıma özgü noktalardan uzaklaşmamak amacıyla parametrik tasarım yazılımlarına kısıtlı bir şekilde değinilmiş, belli başlı örneklerle yer verilmiştir. Burada özellikle parametrik tasarımın fraktal form üretimi yöntemi olarak değerlendirildiği ve her ne kadar dijital bir yöntem de olsa sanat ve tasarım alanında, mekânıyla birlikte tasarlanabilen bir üretme, çoğaltma ve boyutlandırma düşüncesi olarak ele alındığı unutulmamalıdır.

Burada sanat eserinin kendini izletme durumundan çıkarak izleyiciyle etkileşimli bir hal alması; orantı, simetri, ritim, ışık, renk mekansal özelliklerin bir arada planlanmasından kaynaklanır. Üç boyutlu tasarımların form, mekân, yüzey özellikleriyle oluşturulmasına imkan tanınması sebebiyle uygulama yöntemi olarak

seçilen parametrik tasarım, tam da bu noktada sanat eseri-mekan-izleyici arasındaki ilişkiyi güçlü kılar. Eser, sergileme alanı, malzeme seçimi ve mekan boyunca etkisini sürdüren tekrar özelliği, fraktal sanatın kendini tekrar ve yinelenen formların sonsuzluk hissi yaratması ile hesaplamalı tasarımın buna imkan tanımasının sonucudur.

Eser uygulama aşamasında parametrik tasarım düşüncesinin yöntem olarak seçilmesi beraberinde ilgili bilgisayar programlarıyla tasarlanmasını gerektirdiği için yeterli program bilgisine sahip olmak zorunlu görülmüştür. Bazı programların aşamalı olarak birbirleriyle peşpeşe kullanılması gerektiği noktalarda bu geçiş aşamalarının başarılı bir şekilde planlanması gerekir. Aksi halde planlanan ile sonuç arasında hem zamansal kayıplar hem de tasarım uyumsuzlukları yaşanmış olur.

İlk etapta çizim aşamaları sonrası birim tekrarı, bu birimlerin hareket algılanacak şekilde dönüşlü olarak belirleneceği parçalara karar verilmesi, manuel ya da lazer kesim sonrası belirlenen parçaların yüzey üzerinde oran, simetri, ritim, ışık özelliklerine göre yerleştirilmesi ve son olarak renk özelliğinin belirlenmesi söz konusudur. Temelde bir tasarım düşüncesi olan ve aşamalı şekilde tasarım ortaya koymaya yarayan parametrik tasarımın versiyon geliştirme ya da karmaşık yapılar oluşturma süreçlerindeki katkısı sebebiyle ilgili bilgisayar programlarından destek alınmaktadır. Konuyla ilgili sanatçı ve eser incelemelerinde bu ilişkinin daha çok dijital üretim ve bir yüzeye aktarımı boyutunda fraktal tasarım özelliği taşıdığı görülmüştür. Oysa ki bu çalışmanın uygulama örneklerinde görüldüğü üzere mekan, hareket ve ışık özellikleri düşünülerek daha karmaşık bir planlama yapmak ve buna uygun eserler ortaya koymak mümkündür. Bu açıdan bakıldığında henüz sanat alanında parametrik tasarım metotlarından yeterince faydalanılmadığı düşünülmekte, sanat alanına katkı anlamında daha fazla kuramsal çalışma ve eser örneklerine ihtiyaç olduğuna inanılmaktadır. Bilgisayar programlarının her geçen gün yeni eklentilerle niteliklerinin zenginleştirilmesi, teknik çözümlemeden daha ziyade görsel tasarım unsurlarının endüstriyel ve mimari tasarıma hizmet etmesini sağlama amacıyla olması, sanatın da bu alanlarla bazı ortak noktalarda buluşabileceği düşüncesini doğurmuştur.

Bu çalışma ile ulaşılan kaynakların genel görüşüne göre, teknoloji ve sanat ilişkisi etrafında şekillenen ve kendisini dijital çağın dışında tutmayan çağdaş sanatçılar, eserlerinde disiplinler arası yaklaşımlara sıklıkla yer vermişlerdir. Özellikle malzeme ve yöntem denemeleri, yaratıcı sergileme biçimleri, ışık, renk, hareket elemanlarının eserle birlikte tasarlanması, alımlayıcının çağdaş sanatı daha rahat özümsemesinin yolunu

açmaktadır. Alımlayıcı içinde, etrafında rahatlıkla dolaştığı, mekanıyla birlikte tasarlanan devasa sanat eserleri, farklı disiplinlerin dijital olanaklarla bir araya getirildiği yeni ifade biçimleri olması sebebiyle çağdaş sanat anlayışı içerisinde önemli bir yer edinmiştir.

Örnek eserlerin tasarlanması ve oluşturulması sürecinde program olanakları ve hareket etkisini arttırmak amacıyla standart olmayan ölçüler belirlenmiştir. Eser ve alımlayıcı arasındaki iletişimin sürdürülebilmesi ve sürecin sağlıklı bir şekilde ilerletilebilmesi için özellikle parametrik eserlerin sergilendiği mekanların buna uygun yapıda olması beklenmektedir.



KAYNAKÇA

- Agyeman, C. A. (2015). *Artists' Perception of the Use of Digital Media in Painting*. (Unpublished Doctoral Dissertation). University of Ohio, ABD.
- Al, B. (2019). Generatif Sanat Kavramı ve Görsel Sanatlarda Sayısal Yaratıcılık, *Tasarım Enformatiği Dergisi*, 1(2), 78-91, 964617 (dergipark.org.tr), (Erişim Tarihi: 30.12.2022).
- Allain, R. (2020). How to Make a Tree With Fractals. <https://www.wired.com/story/how-to-make-a-tree-with-fractals>, (Erişim Tarihi: 15.09.2021).
- Arapoğlu, F. (2020). *Manfred Mohr: Sanatın Tarihinde Dijital 1.0 Perspektif*. https://www.borusancontemporary.com/tr/blog-manfred-mohr-sanat-tarihinde-dijital-perspektif_915 (Erişim Tarihi: 14.09.2022).
- Arkitektuel, (2022). Zaha Hadid, Patric Schumacher, Haydar Aliyev Kültür Merkezi, 2013. <https://www.arkitektuel.com/haydar-aliyev-kultur-merkezi/>, (Erişim Tarihi: 28.12.2022).
- Arslan, C. (2018). Dijital Yeniden Üretim Çağında Sanat Eseri: “Aura” Kavramının Dijital Sanat Bağlamında Yeniden Değerlendirilmesi, *Art-Sanat Dergisi*, 9, 405-413.
- Bergil, M. S. (2009). *Doğada Bilimde Sanatta Altın Oran*. Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul.
- Beşlioğlu, B. (2013). *Türkiye’de Hesaplamalı Tasarım Kültürü: 1950-1980*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Block, P. (2016). Parametricism’s Structural Congeniality. *Architectural Design*, 86(2), 70-75.
- Bountis, T., Fokas, A. S., & Psarakis, E. Z. (2017). Fractal Analysis of Tree Paintings By Piet Mondrian (1872-1944). *International Journal of Arts and Technology*, 10(1), 27-42.
- Boyacı, M. (2021). Fraktal Sanat ve Dile Gelmeyen Sanatçıları. *İnönü Üniversitesi Kültür ve Sanat Dergisi*, 7(1), 295-311.
- Burry, M. & Murray, Z. (1997). *Computer-Aided Architectural Design Using Parametric Variation And Associative Geometry*. 15th ECAADE-Conference Proceedings, Vienna. papers.cumincad.org/cgi-bin/Works/paper/472d (Erişim Tarihi: 30.12.2021).
- Cárdenas, C. A. (2007). *Modeling Strategies Parametric Design for Fabrication in Architectural Practice*. (Unpublished Doctoral Dissertation). University of Los Andes, Colombia.
- Cınbarcı, A. (2015). *Fraktal Geometri ve Tekrar Olgusu*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yeditepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Cınbarcı, A. (2016). Fraktal Geometri ve Evrim. *Sanat ve Bilim*, 6(11), 101-108.
- Cleveland, J. (2020). The Nature Of Design: The Fibonacci Sequence and The Golden Ratio. <https://clevelanddesign.com/insights/the-nature-of-design-the-fibonacci-sequence-and-the-golden-ratio/> (Erişim Tarihi: 30.12.2022).
- Collections, (2022). Ben Laposky, Oscillons, (1960), <https://collections.vam.ac.uk/item/0239532/composite-oscillons-photograph-laposky-ben/>, (Erişim Tarihi: 11.02.2022).
- Cplusplus, (b.t.). Sierpinski Triangle Fractal - The easies - C++ Articles(cplusplus.com), (Erişim Tarihi: 10.09.2021).
- Çağlar, S. (2022). Doğal Olarak Oluşan İlginç Bir Fraktal Yapı: Lichtenberg Figürü.

- <https://www.matematiksel.org/dogal-olarak-olusan-ilginc-bir-fraktal-yapi-lichtenberg-figuru/>, (Erişim Tarihi: 29.12.2022).
- Çakır, M. (2006). *Bilgisayar Teknolojilerinin Gelişimi İle Ortaya Çıkan Form Üretim Teknikleri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çakmak, M. S. (2011). *Evrenin Geometrik Şifresi Altın Oran Kaos Fraktal Simetri*. Karadeniz Kitap, İstanbul.
- Çaltık, A. (2008). *Sayısal Tasarım Kavramları ve Algoritmik Düşüncenin Mimari Tasarıma Etkileri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çimen, E. M., Garip B. Z., Boyraz, F. Ö., Pehlivan, İ., Yıldız, Z. M. & Boz, F. A. (2020). An Interface Design for Calculation of Fractal, Chaos Theory and Applications in Applied Sciences and Engineering, 2(1), 3-9,
- Compart, (2022). Harold Cohen, 040601, Pigment on paper, Computer-generated, 2004. Dada.compart-bremen.de/item/artwork/1478, (Erişim Tarihi: 30.11.2022).
- Dirimart, (2021). Seçkin Pirim, Gate of Zero, 2021, Maldivler. <https://dirimart.com/tr/2021/12/30/seckin-pirimin-gate-of-zero-adli-heykeli-maldivlerde/>, (Erişim Tarihi: 10.10.2022).
- Dunlap, R. A. (2011). *Altın Oran ve Fibonacci Sayıları* (Çev: B. Aktaş). Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara.
- Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, (1997). C.1, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Efsanevimatematikciler.blogspot.com/2015/03/Pisagor-agac.html (Erişim Tarihi: 20.12.2022).
- Emohr, (2022). Manfred Mohr – liquid Symmetry. www.emohr.com, (Erişim Tarihi: 06.08.2022).
- Genç, A. ve Sipahioğlu, A. (1990). *Görsel Algılama Sanatta Yaratıcı Süreç*. Sergi Yayınevi, İzmir.
- Fabrizi, M. (2015). Kazimir Malevich'in Arkhitekton'ları. <https://socks-studio.com/2015/07/15/kazimir-malevichs-arkhitektons/>, (Erişim Tarihi: 28.12.2022).
- Fineartamerika, (2022). Kerry Mitchell, Maverick. (2018). <https://fineartamerica.com/profiles/kerry-mitchell>, (Erişim Tarihi: 11.02.2022).
- Fraktalevren, (2014). Fraktal Nehir Deltası. www.fraktalevren.com, (Erişim Tarihi: 10.10.2021).
- Genç, C. (2019). *Fraktal Geometri ile Sanatsal Pratikler*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.
- Gleick, J. (2020). *Kaos* (Dördüncü Baskı). (Çev: İ. A. Demir). Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti, İstanbul.
- Gözübüyük, G. (2007). *Farklı Mimari Dillerde Fraktallere Dayalı Form Üretimi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gülderen, D. (2017). *Fraktal Geometri'nin Plastik Sanatlarda Kullanımı*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.
- Güney, E. ve Uysal, S. (2019). Kültürel Dönüşümler ve Teknolojik Gelişmeler İlişkisinde Jeneratif Sanat. *Süleyman Demirel Üniversitesi Art-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi*, 9(24). 289-314.
- Gürel, A. (2018). *Cognitive Comparison Of Using Hand Sketching And Parametric Tools In The Conceptual Design Phase*. (Unpublished Master Thesis). Bilkent University Institute of Engineering and Science, Ankara.

- Hayles, K. N. (2010). Düzenli Düzensizlik Olarak Kaos. *Cogito Düşünce Dergisi*, 62, 64-84.
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (2013). Morphogenesis and Emergence (2004-2006). *Architectural Design*, 74(3), 158-181. London: Wiley Academy, researchgate.net (Erişim Tarihi: 14.11.2022).
- İnner, S. (2019). Biyomimikri ve Parametrik Tasarım İlişkisinin Mimari Alanında Kullanımı ve Gelişimi, *Tasarım Enformatiği*, 1(1), 15-29.
- Jacobsmeier, B. (2011). "Uncovering Da Vinci's Rule of the Trees". <https://www.insidescience.org/news/uncovering-da-vincis-rule-trees> (Erişim Tarihi: 26.01.2023).
- Jobson, C. (2016). Vertigo-Inducing Room Illusion by Peter Kogler. <https://www.thisiscolossal.com/2016/12/vertigo-inducing-room-illusions-by-peter-kogler/>, (Erişim Tarihi: 10.10.2022).
- Kaçmaz, Ş. (2019). Parametrik Tasarım ve BIM, Yapı Bilgi Modelleme, *Uluslararası Hakemli Akademik Dergi*, 1(1), 3-9.
- Kara, B. (2021). Fraktal: Özelliği, Önemi ve Doğadaki Örnekleri. www.ungo.com.tr/2021/01/fraktal-nedir/ (Erişim Tarihi: 10.10.2021).
- Kara, F. N. (2000). *Plastik Sanatlarda Matematik*. (Yayımlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi). Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.
- Karaçay, T. (2007). Pascal Üçgeni. www.baskent.edu.tr/tkaracay/etudio/agora/zv/2007/PascalUcgeni.htm (Erişim Tarihi: 11.09.2021).
- Kavurmacioğlu, Ö. ve Arıdağ, L. (2013). Strüktür Tasarımında Geometri ve Matematiksel Model İlişkisi. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 59-76.
- Kazanç, Ü. (2016). Ozan Türkkan "Fractum Regnum". ummuhankazanc.blogspot.com/2016/11/, (Erişim Tarihi: 29.12.2022).
- Kokudal, B. E. (2021). Refik Anadol'un Yeni Çalışması: Casa Batlló. <https://gzt.com/arkitekt/refik-anadolun-yeni-calismasi-casa-batllo-3591629>, (Erişim Tarihi: 10.05.2022).
- Kurtuluş, Ö. (1995). "Doğadaki geometri". *Bilim ve Teknik Dergisi*, 329, 20-25.
- Lee, Y. (2015). The Parametric Design Genealogy of Zaha Hadid. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 14(2), 403-410.
- Leblebitozu, (2022). İlhan Koman, Pi serisi 1980-83 – Mobius bandı, 1986. www.leblebitozu.com/turk-da-vincisi-ilhan-komanin-eserleri-ve-hayati/, (Erişim Tarihi: 30.12.2022).
- Lenoir, B. (2005). *Sanat Yapıtı* (Dördüncü Baskı). (Çev: A. Derman). Yapı Kredi Yayınları, İstanbul.
- Lynton, N. (2009). *Modern Sanatın Öyküsü* (Dördüncü Baskı). (Çev: C. Çapan, S. Öziş). Remzi Kitabevi, İstanbul.
- Makert, R. & Alves, G. (2016). Between Designer and Design: Parametric Design and Prototyping Considerations on Gaudí's Sagrada Familia, *Periodica Polytechnica Architecture*, 47(2), 89-93.
- Mamou-Mani, A. (2011). Marc Burry, the Sagrada Familia and the SG11 Sound Responsive Wall. <https://wewanttolearn.wordpress.com/2011/10/17/marc-burry-the-sagrada-familia-and-the-responsive-wall/> (Erişim Tarihi: 29.12.2022).
- Metmuseum, (2021). Jackson Pollock, Autumn Rhythm, 1950. <https://www.metmuseum.org/art/collectionsearch/488978> (Erişim Tarihi: 08.12.2021).

- Özsöylev, H. N. (1997). Aperiodyk Yazılar I: Estetiğin İzini Sürerken. *Bilim ve Teknik Aylık Popüler Bilim Dergisi*, 358, 100-101.
- Özkul, T. (2019). *Çağdaş Sanatta Kütle Yüzey İlişkisi*. (Yayımlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi). Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.
- Parametric architecture, (2022). <https://parametric-architecture.com/gate-of-zero-a-magnificent-poetry-of-seckin-pirim-in-the-maldives>, (Erişim Tarihi: 10.10.2022 11:10).
- Paszto, V., Marek, L. & Tucek, P. (2011). Fractal Dimension Calculation for Corine Land-Cover Evalution İn GIS-A Case Study. <https://ceur-ws.org/Vol-706/papers02.pdf> (Erişim Tarihi: 12.09.2021).
- Royalacademy, (2022). Waterloo International Terminal Station kesit ve plan çizimleri. <https://www.royalacademy.org.uk/art-artists-work-of-art-record-drawing-for-waterloo-international-railway-terminal-lambeth-london>, (Erişim Tarihi: 05.12.2022).
- Sağlam, F. (2020). Peter Kogler'in Dijital Mekanları. *Anadolu Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 10(1). 52-67.
- Sawant, S. (2021). Grasshopper 3D: A Modeling Software Redefining The Design Process. <https://parametric-architecture.com/Grasshopper-3d-a-modeling-software-redefining-the-design-process/>, (Erişim Tarihi: 15.05.2022).
- Selçuk, A. S., Sorguç, G. A., ve Akan, E. A. (2009). Altın Oranla Tasarlamak: Doğada, Mimarlıkta ve Yapısal Tasarımda Φ Dizini. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 149-157.
- Séquin, C. H. (2007). Computer-Aided Design and Realization of Geometrical Sculptures, *Computer-Aided Design & Applications*, 4(5). 671-681.
- Graphics.berkeley.edu/papers/Sequin-RGS-2007-6/Sequin-RGS-2007-06.pdf (Erişim Tarihi: 11.10.2022).
- Stewart, I. (2012). *Matematiğin Kısa Tarihi* (Yedinci Baskı). (Çev: S. Sevinç). Alfa Kitap, İstanbul.
- Sun, B. ve Huang, S. (2019). Realizing product serialization by Grasshopper parametric Design. 7th International Forum on Industrial Design, *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering*, 573(1). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/573/1/012078/pdf> (Erişim Tarihi: 11.09.2021).
- Şık, N. (1997). Hollanda'da Tasarım Schröder Evi, <https://manifold.press/schroder-evi>, (Erişim Tarihi: 03.10.2022).
- Taylor, R. (2016). Fractal Analysis of Jackson Pollock's Poured Paintings. <https://blogs.uoregon.edu/richardtaylor/2016/02/08/fractal-analysis-of-jackson-pollocks-poured-paintings/>, (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- Tuğal, S. A. (2018). *Oluşum Süreci İçinde Dijital Sanat*. Hayalperest Yayınevi, İstanbul.
- Tunalı, İ. (2012). *Tasarım Felsefesi* (Dördüncü Baskı). YEM Yayınları, İstanbul.
- Turhan, K. (2018). *Fraktal Geometrinin İç Mimari Kurguda Kullanımına Yönelik Bir Araştırma*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.
- Uyan, S. (2019). *Bir Tasarım Yöntemi Olarak Fraktal Tasarım*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.
- Uysal, D. (2016). "Parametrik Tasarım Yönteminin Mekan Kurgusu Üzerindeki Etkisi – Mimari Tasarım Süreci ve Etkileşimleri", <https://mimaritasarimsurecveetkilesimleri.wordpress.com>, (Erişim Tarihi: 10.03.2022).

- Uysal, S. (2019). *Fraktal Geometri ve Algoritma İlişkisinde Jeneratif Sanat*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Samsun.
- Ünal, Z. D. (2021). Yapay Zekanın Sınırlarını Zorlayan İsim: Refik Anadol. <https://www.gzt.com/arkitekt/yapay-zekanin-sinirlarini-zorlayan-isim-refik-anadol-3567146>, (Erişim Tarihi: 10.10.2022).
- Ünal, Z. D. (2021). Refik Anadol, Aktif Strüktürler: Akustik Formasyon'un Yapı Kredi Kültür Sanat cephesinde yansıması, 2011. <https://www.gzt.com/arkitekt/yapay-zekanin-sinirlarini-zorlayan-isim-refik-anadol-3567146>, (Erişim Tarihi: 11.09.2022).
- Wikimedia Commons, (2022). A Bird in Flight by Hamid Naderi Yeganeh. (2016). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_Bird_in_Flight_by_Hamid_Naderi_Yeganeh_2016.jpg, (Erişim Tarihi: 11.11.2022).
- Wikipedia, (2021). Barnsley Eğrelti Otu. https://en.wikipedia.org/wiki/Barnsley_fern, (Erişim Tarihi: 15.09.2021).
- Wikipedia, (2022). Ben F. Laposky. https://en.wikipedia.org/wiki/Ben_F._Laposky, (Erişim Tarihi: 11.02.2022).
- Katevassgalerie, (2022). Herbert W. Franke, Cellular Automata 2. (1992). <https://www.katevassgalerie.com/math-art-by-herbert-w-franke>, (Erişim Tarihi: 11.02.2022).
- Wikipedia, (2022). Manfred Mohr, Piece P-777 (2002-04), LCD Screen and PC. https://en.wikipedia.org/wiki/manfred_mohr, (Erişim Tarihi: 06.08.2022).
- Wikipedia, (2021). M. C. Escher, Circle Limit III, 1958. https://en.wikipedia.org/wiki/Circle_Limit_III, (Erişim Tarihi: 20.10.2022).
- Wikipedia, (2022). Piet Mondrian, The Red Tree, 1910. https://en.wikipedia.org/wiki/Evening;_Red_Tree, (Erişim Tarihi: 11.10.2022).
- Yazar, T. ve Uysal, S. (2016). *Grasshopper ile Parametrik Modelleme*. Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık A.Ş., İstanbul.
- Youtube, (2018). Autocad 3D Mobilya Tasarımı Örneği. <https://www.youtube.com/watch?v=W5cT-q9-E-M>, (Erişim Tarihi: 05.12.2022).
- Yurtsever, H. (2014). *Kozmoz- Kaos- Kübizm*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Yüksekkaya, A. (2020). *Parametrik Tasarım Bağlamında Sergileme Mekanlarının Form-İşlev Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Ankara.
- Zaha-hadid, (2022). Zaha Hadid, Signature Towers, Dubai, 2006. <https://www.zaha-hadid.com/architecture/signature-towers->, (Erişim Tarihi: 15.11.2022).
- Zhangzhoujie, (2022). Zhang Zhoujie, Digital Object/Triangulation Series, 2012. www.zhangzhoujie.com/sqn.html, (Erişim Tarihi: 15.11.2022).
- Zyga, L. (2012). "Leonardo da Vinci's Tree Rule may be Explained by Wind". <https://phys.org/news/2012-01-leonardo-da-vinci-tree.html> (Erişim Tarihi: 26.01.2023).