



**ÇAĞDAŞ SERAMİK SANATINDA
FRAKTAL GEOMETRİ VE
3 BOYUTLU (3D) YAZICILARIN
KULLANIMI**

Deniz ULUIŞIK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özgür CENGİZ

Ağustos, 2019

Afyonkarahisar

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

**ÇAĞDAŞ SERAMİK SANATINDA FRAKTAL
GEOMETRİ VE 3 BOYUTLU (3D) YAZICILARIN
KULLANIMI**

Hazırlayan
Deniz ULUIŞIK

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Özgür CENGİZ

AFYONKARAHİSAR 2019

Bu tez çalışması 17.SOS.BİL.01 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çağdaş Seramik Sanatında Fraktal Geometri ve 3 Boyutlu (3D) Yazıcıların Kullanımı” adlı çalışmamın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

21/08/2019

Deniz ULUIŞIK

TEZ JÜRİSİ KARARI VE ENSTİTÜ ONAYI

JÜRİ ÜYELERİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Özgür CENGİZ

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. İsmail YARDIMCI

: Dr. Öğr. Üyesi Fevzi Nuri KARA

İmza


Sanat ve Tasarım Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Deniz ULUIŞIK' ın “Çağdaş Seramik Sanatında Fraktal Geometri Ve 3 Boyutlu (3D) Yazıcıların Kullanımı” başlıklı tezi, 21/08/2019 tarihinde saat 10.00’ da Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Sınav Yönetmeliği’ nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda isim ve imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek (x) oy birliği – () oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr. Elbeyi PELİT
MÜDÜR**

ÖZET

ÇAĞDAŞ SERAMİK SANATINDA FRAKTAL GEOMETRİ VE 3 BOYUTLU (3D) YAZICILARIN KULLANIMI

Deniz ULUIŞIK

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANABİLİM DALI

Ağustos 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özgür CENGİZ

Fraktal örüntüler, birbirinin tekrarı olan, doğada kendiliğinden ve matematiksel denklemlerle oluşan karmaşık, sonsuz döngüye sahip örüntülerdir. Doğada farklı bağlam ve örüntülerde kendiliğinden var olan fraktal yapılar, günümüzde matematiksel yapılarla dijital olarak oluşturulmakta ve birçok alanda kullanılmaktadır. Sanat tarihinde altın oran, Fibonacci sayı dizilimi gibi yansımalarla mimariden, resme birçok yapıtta gözlemlenen fraktal geometri, özellikle bilgisayar, yazılım ve üç boyutlu yazıcı teknolojisi alanlarındaki gelişmeler ve bu gelişmelerin sanat ve tasarım alanına girmeye başlaması ile sanat üretiminde yeni anlayışları doğurmuştur. Üç boyutlu yazıcılar plastik, seramik, metal gibi akışkan materyalleri kullanmaktadır. Ayrıca bu alanda yapılan çalışmalar ile nanokompozit malzemeler, farklı plastik karışımlar veya endüstride kullanılan malzemelerden oluşturulan karışımlar içeren toz metaller kullanılmaya başlanmıştır. Bu yeni olanaklar, seramik sanatçıları tarafından da günümüzde farklı bir şekillendirme yöntemi olarak kullanılmakta ve yeni seramik formların ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Dijital dünyada yaşanan gelişmeler ve fraktal geometrinin sanatta kullanımı, günümüzde üretim sürecinde yeni kapılar açmaktadır. Yapılan bu çalışmada,

günümüzde dijital dünyanın getirdiği olanaklarla insanlık için hayati öneme sahip doğanın içinde bulunan, doğayla yakınlaşmamızı sağlayan fraktal örüntülerin sanat eserlerinde etkileri gözlemlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çağdaş sanat, seramik sanatı, sanat ve geometri, fraktal geometri, üç boyutlu (3D) yazıcı.



ABSTRACT

FRACTAL GEOMETRY AND USE OF 3D (3D) PRINTERS IN CONTEMPORARY CERAMIC ART

Deniz ULUIŞIK

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

Agust 2019

Advisor: Asst. Prof. Özgür CENGİZ

Fractal patterns are complex, infinite loop patterns that are repetitive, spontaneous in nature and formed by mathematical equations. Fractal structures, which exist spontaneously in different contexts and patterns in nature, are now digitally created with mathematical structures and are used in many fields. Fractal geometry observed in many works from architecture to painting with reflections such as golden ratio, Fibonacci number sequence in art history has created new insights in art production with development in the field of computer, software and three dimensional printer and with the affecting of these development on design field. Three-dimensional printers use fluid materials such as plastic, ceramic, metal. Furthermore, with the studies carried out in this field, powder metals containing nanocomposite materials, different plastic mixtures or mixtures of materials used in industry have begun to be used. These new possibilities are being used by ceramic artists as a different shaping method and they enable the emergence of new ceramic forms. Developments in the digital world and the use of fractal geometry in art open new doors in the production process. In this study, the effects of the fractal patterns found in the nature, which is vital for humanity with the opportunities brought by the digital world, which enables us to get closer to nature, are studied in the works of art.

Keywords: Contemporary art, ceramic art, art and geometry, fractal geometry, three dimensional (3D) printer

ÖNSÖZ

"Çağdaş Seramik Sanatında Fraktal Geometri Ve 3 Boyutlu (3D) Yazıcıların Kullanımı" başlıklı yüksek lisans tez çalışmamda yardım ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr.Üyesi Özgür CENGİZ ve Dr. Öğr.Üyesi F. Nuri KARA'ya, öneri, yardımlarını esirgemeyen tüm hocalarıma çok teşekkür ederim.

Deniz ULUIŞIK



İÇİNDEKİLER

Sayfa

YEMİN METNİ	ii
TEZ JÜRİSİ KARARI VE ENSTİTÜ ONAYI.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
 GİRİŞ	 1

BİRİNCİ BÖLÜM SERAMİK MALZEMESİ VE SANAT SERAMİĞİ

1. SERAMİĞİN TARİHÇESİ.....	2
2. SERAMİĞİN ÖZELLİKLERİ.....	7
3. SERAMİĞİN SINIFLANDIRILMASI	10
4. SERAMİK KULLANIM ALANLARI.....	11
5. SERAMİK ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	12

İKİNCİ BÖLÜM FRAKTAL GEOMETRİ VE SERAMİK SANATI

1. FRAKTAL GEOMETRİ.....	14
1.1. FRAKTALIN TANIMI.....	14
1.2. FRAKTAL TÜRLERİ VE FRAKTALLARIN OLUŞUMU.....	22
1.2.1. Doğal Fraktallar	23
1.2.2. Yapay Fraktallar	28
1.3. FRAKTAL GEOMETRİNİN SANATA SAĞLADIĞI OLANAKLAR.....	33
2. SANAT YAPITI VE FRAKTAL GEOMETRİ İLİŞKİSİ	35
2.1. SANAT VE GEOMETRİ	35
2.1.1. Fibonnacci Sayı Dizisi.....	37
2.1.2. Altın Oran Kavramı.....	39
2.1.3. Sanat Tarihi Sürecinde Sanat ve Matematik İlgisinin Belirlenmesi .	40
2.2. ÇAĞDAŞ SANAT VE FRAKTAL GEOMETRİ.....	41
2.2.1. Escher'in Eserlerinde Fraktal Geometri	42
2.2.2. Sol Le Witt'in Eserlerinde Fraktal Geometri.....	44
2.2.3. İlhan Koman'ın Eserlerinde Fraktal Geometri	46
2.2.4. Nabil Nahas'ın Eserlerinde Fraktal Geometri	47

2.3. ÇAĞDAŞ SERAMİK SANATINDAN ÖRNEK YAPIT ÇÖZÜMLEMELERİ	49
--	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA SERAMİĞİN ŞEKİLLENDİRİLMESİ VE FRAKTAL BOYUT

1. GÜNÜMÜZDE TASARIMIN TEKNOLOJİDEKİ YERİ.....	55
1.1. TASARIM KAVRAMI VE TASARIM İLKELERİ	58
1.2. FRAKTAL TASARIM VE GEOMETRİ	59
1.3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜÇ BOYUTLU TASARIM.....	59
1.3.1. Üç Boyutlu Tasarım Programları.....	61
1.3.2. Teknolojik Ortamda Tasarım Süreçleri	63
2. ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR	63
2.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN SANAT ÜRETİMİNDE KULLANIMI	64
2.2. ÜÇ BOYUTLU SERAMİK YAZICILAR.....	65
2.3. YAZICININ ENDÜSTRİYEL SÜREÇLERİ.....	67
2.4. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA SERAMİĞİN ŞEKİLLENDİRİLMESİ ...	73

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GÜNÜMÜZ SERAMİK SANATINDA ÜÇ BOYUTLU YAZICILARLA ÜRETİLEN ESERLER VE FRAKTAL BOYUT

1. GÜNÜMÜZ SERAMİK SANATINDAN ÖRNEK YAPIT ÇÖZÜMLEMELERİ.....	75
2. KONU KAPSAMINDA 3 BOYUTLU YAZICILARLA ÜRETİLEN ESER İNCELEMELERİ	85
SONUÇ.....	98
KAYNAKÇA	99

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Koch Kar Taneciği	16
Şekil 2. Uzun Pozlama Tekniğiyle Samanyolu Fotoğrafı, Christian Sasse, 2017. 19	
Şekil 3. Evrendeki Benzer Fraktal Örüntüler	21
Şekil 4. Ağaç Yapılarının Fraktal Örüntüleri	22
Şekil 5. Piramit Karnabahar	24
Şekil 6. Ayçiçeği Fraktal Örüntüsü	25
Şekil 7. Gül Çiçeğinin Fraktal Örüntüsü	25
Şekil 8. Kan Damarlarının Fraktal Örüntü Kesiti.....	26
Şekil 9. Beyin Hücreleri ve Evrenin Uzaydan Görünümünün Fraktal Örüntüsü... 26	
Şekil 10. Deniz Mercanları.....	27
Şekil 11. Mısır'daki Vadi Cedid Asvan Alanının Uydu Görüntüsü ve Fraktal Örüntüsü.....	28
Şekil 12. Cantor Dizisi Fraktalları.....	29
Şekil 13. Julia Set Fraktalları	29
Şekil 14. Mandelbrot Set.....	30
Şekil 15. Sierpinski Üçgeni.....	31
Şekil 16. Sierpinski Halısı.....	31
Şekil 17. Sierpinski Küpü.....	32
Şekil 18. Dragon Curve Fraktal.....	32
Şekil 19. Polyhedron Fraktal	33
Şekil 20. Fibonacci Sarmalı.....	38
Şekil 21. Maurits Cornelis Escher, Reptiles, 1943, 33,4x38,5 cm	43
Şekil 22. Maurits Cornelis Escher, Day and Night, 1938, 67.7x39.1 cm, Cornelius Van S. Roosevelt Collection	44
Şekil 23. Sol Lewitt Atölyesinde Bir Röportajında.....	45
Şekil 24. Sol Lewitt, Whirls And Twirls, 2004.....	46
Şekil 25. İlhan Koman Atölyesinde	46
Şekil 26. İlhan Koman, Sonsuzluk Eksi Bir, 1979, Metal Strüktür	47
Şekil 27. Nabil Nahas'ın Portresi ve Arkasında Mashallah Adlı Eseri, 2013, Seramik Elle Şekillendirme.....	48
Şekil 28. Mashallah Adlı Eserinden Detay, 2013, Seramik Elle Şekillendirme	49
Şekil 29. Alexandra Engelfriet, 2007, Seramik Elle Şekillendirme	50
Şekil 30. Regina Farrell, Clay Canvas Panels, 2017, Seramik Karışık Teknik	51
Şekil 31. Elizabeth Shriver, Coral Bouquet, (2017), Seramik Elle Şekillendirme... 52	
Şekil 32. Nuala O'Donovan, Fractal Form, 2017, Porselen Elle Şekillendirme.....	53
Şekil 33. Nathalie Jover, 2017, Karışık Teknik	54
Şekil 34. Houdini programından bir ekran görüntüsü.....	62
Şekil 35. Michael Eden, Spiralis, 2018, 3 Boyutlu yazıcıyla üretim, 50x38.5x37 cm	65

Şekil 36.	Olivier Van Herpt, Blue and White, 2018, Üç Boyutlu Yazıcı ile Porselen Üretimi	67
Şekil 37.	Olivier Van Herpt, Cos x Olivier Van Herpt Series, 2017, Üç Boyutlu Yazıcı ile Porselen Üretimi	68
Şekil 38.	Üç Boyutlu Yazıcıların Temel İşleyiş Prensipleri.....	69
Şekil 39.	Yazıcılardaki Katman Görünümü	70
Şekil 40.	Corexy Yazıcı Prototipi.....	71
Şekil 41.	Yazıcıların Katman Mantığı.....	72
Şekil 42.	Seramik Yazıcıda Ürün Basılması İçin Yapılması Gerekenler.....	74
Şekil 43.	Hasan Şahbaz, Organik Objeler Serisi, 2015, Karışık Teknik, 65x65x7 cm	75
Şekil 44.	Rita Miranda, Seeds, 45 cm, 2019, Karışık Teknik	76
Şekil 45.	Fenella Elms, Moody Mobius, 2017	77
Şekil 46.	Simon Zsolt Jozsef, 2015	78
Şekil 47.	Steen Ipsen, Organic Movement, 2015	79
Şekil 48.	Eva Hild, 2009	80
Şekil 49.	Jennifer Mc Curdy, Vortex Vessel.....	81
Şekil 50.	Kouzo Takeuchi, Modern Remain Polyedron, 2015.....	82
Şekil 51.	Harumi Nakashima, Ectatic Series No.6, 2002.....	83
Şekil 52.	Fujikasa Satoko, 2015	84
Şekil 53.	Olivier Van Herpt, 3D Printed Series, 2012-2019, Üç Boyutlu Yazıcıyla Porselen Üretim.....	85
Şekil 54.	Jonathan Keep, Iceberg, 2014, Üç Boyutlu Yazıcıyla Porselen Üretim ...	86
Şekil 55.	Anish Kapoor, Cement Room, 2018, Üç Boyutlu Yazıcıyla Çimentoyla Üretim	87
Şekil 56.	Michael Eden, Soho, 2015-2016, Üç Boyutlu Yazıcıyla Plastik Üretim..	88
Şekil 57.	Yao Van Den Heerik, 2012-2019, Üç Boyutlu Yazıcıyla Seramik Üretim	90
Şekil 58.	Emre Can, Seljuk Series, 2019, Üç Boyutlu Yazıcıyla Porselen Üretim..	91
Şekil 59.	Nervous System, Summit at sea installation, 2016, Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim	92
Şekil 60.	Ak Ceramic Center Seong-Man Ahn, 2012-2019, Üç Boyutlu Yazıcıyla Seramik Üretim	93
Şekil 61.	Sanver Özgüven, 3D Printed Vase, 2018, Üç Boyutlu Yazıcıyla Seramik Üretim	94
Şekil 62.	Alterfact Studio, 2018, Üç Boyutlu Yazıcıyla Seramik Üretim	95
Şekil 63.	Lilian van Daal, Biomimicry Chair, 2014.....	96

GİRİŞ

Plastik sanat kapsamında sanatçılar tarafından oluşturulan çok sayıda eser bulunmaktadır. Bu eserlerde simetri, mükemmeliyet ve sonsuz arayışının plastik sanatçıları fraktal kavramına götürdüğü gözlemlenmektedir. Çalışmada bu kapsamda plastik sanat eserlerinde fraktal etkisi incelenmiştir.

Araştırma sürecinde, fraktal yapıların kavramsal biçimde plastik sanatlardaki uygulamalarından bahsedilmiştir. Plastik sanatlarda yapılan çalışmalar fraktal yapılarının gözlemlenmesi ve bu çerçeveye de anlatılması amaçlanmaktadır.

Bu tez araştırmasında üç boyutlu yazıcıların seramik alanında kullanımının getireceği katkılar veya karşılaşılabilecek sonuçlara yönelik sorulara cevap aranmıştır. Tüm alanlarda bir devrim olarak nitelendirilen üç boyutlu yazıcıların getirdiği yeniliklerin seramik alanında araştırılarak gelişmesi incelenerek önemi vurgulanmıştır. Bu bağlamda araştırmadaki çalışmalar gösterge bilimsel yöntemle incelenmiştir. Bu çalışmalarda eserlerin nitelikleri, estetik değerleri gibi değerler ölçülmüştür. Eserlerde fraktal örüntülerin kullanımı gibi konularda temel olarak sanat ve tasarım bakımından incelenmiştir. Fraktal yapıların üç boyutlu yazıcılardaki kullanımının sonuçları araştırılmış ve sanat alanındaki katkıları aktarılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

SERAMİK MALZEMESİ VE SANAT SERAMİĞİ

1. SERAMİĞİN TARİHÇESİ

Ateşin keşfini takiben dünya üzerinde incelenen tüm kültür katmanlarında seramik ürünler ait olduğu kültürün sosyo-ekonomik bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

En genel anlamıyla pişmiş toprak olarak isimlendirilen seramik; çeşitli yöntemlerle şekillendirilen kilin (inorganik malzemelerin oluşturduğu bileşimlerin) sırlanarak veya sırlanmayarak yüksek sıcaklıkta pişirilme işlemi bilimi, teknolojisi (Arcasoy, 1983) ve aynı zamanda sanatı (Uludağ, 1998) olup, bu işlemler sonrası üretilen son derece sert ve doğal koşullara dayanıklı ürünleri tanımlamaktadır.

Kelime kökeni olarak eski Yunanca keramos sözcüğünden gelen seramik, çeşitli batı dillerine örneğin; Almanca, keramik; İngilizce, ceramic; Rusça, keramika; Fransızca, ceramique olarak geçmiş, Türkçeye ise Fransızcadan geçmiştir (Türedi Özen, 1993). Fakat, Hacıade'ye (2014: 44) göre Türkçe yazılı kaynaklarda teriminin anlamı ile ilgili farklı durumlarla karşılaşmaktadır. Örneğin; Yunanca k  amos (        ) "pişmiş topraktan       " sözcüğünden + -ikos sonekiyle türetilen kelime çoğı yerde topraktan yapılmış kap, 'pişirilmiş kil mam  l  ' (Turani, 2010) olarak tanımlanırken, kimi yerde keramosun kelime olarak Yunanca'da törenlerde i  ki içilen boynuz kaplardan geldiğı, dolayısıyla Yunanca boynuz sözcüğünün karşılığı olduğ  ve zamanla keramosların yerlerini alan pişmiş topraktan yapılan kapların seramik kaplar adıyla anılmaya başlandığı bilgisi verilmektedir (Arcasoy, 1983; Akt. Türedi   zen, 1993). Kelimenin Sanskritce "yakmak-pişirmek" anlamlı bir kökten geldiğı belirtilmektedir (Bengisu 2006; Akt. Hacıade, 2014).

İlk pişmiş toprak ürünleri kap kacak ve küpler gibi saklama araçları, dinsel törenlerdeki idoller, tuğ  la, kiremit gibi mimari elemanlar ve yazının bulunmasıyla tabletler... vb. olarak Anadolu'da paleolitik dönem kültür katmanlarından itibaren rastlanılmaktadır. Seramiğ  n ana malzemesi olan kilin her yerde kolayca bulunabilmesi ve şekillendirmedeki olanakları sayesinde uygarlığın erken

dönemlerinden itibaren insanoğlunun doğa karşısında ürettiği maddi kültür öğelerinin en önemli malzeme ve araçlarından biri olmuştur.

Türk Dil Kurumu bilim ve sanat terimleri ana sözlüğünde ise Seramik; Sert, sağlam ve hafif çok önemli mühendislik malzemesi olan sıkışma ve sinterleme gibi metal tozlarına uygulanan işlemle şekil verilebilen bir karışım (Seramik karışımlarına örnek: silisyum nitrür, silisyum karbür, zirkonyum ve alumina verilebilir) olarak ve mühendislik ve endüstride kolay işlenemeyen malzemeler; cam, çimento, emaye, aşındırıcı madde çanak çömlek ve Çin porseleni imalinde çok kullanılan yüksek sıcakta şekil verilebilen genellikle oksit, bozıt veya karbit içeren inorganik malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı üzere seramik kelimesi kavram olarak iki temel anlam içermektedir. Bunlarda biri malzeme, bilim ve teknoloji olarak seramik ve ürünlerini, bir diğeri ise insanlık tarihinde insan oğlunun ortaya koyduğu en eski sanat dalı ve ana maddesi kil olan sanat ürünlerini nitelendirmektedir (Türedi Özen, 1993). Klasik anlamda seramik sanatı ise sanatsal kaygı ve anlatımların öne çıktığı serbest (özgün) seramik sanatı ile daha çok 18. ve 19. yüzyıllarda gerçekleşen sanayi devrimi sonrası fonksiyonelliğin estetik erekten öne çıktığı endüstriyel seramik sanatı olarak iki ana dala ayrılmaktadır. Atilla Galatalı ise "Eleştirim" başlıklı sempozyum bildirisinde seramik sanatını "Klasik Seramik Sanatı", "Soyut Seramik Sanatı" ve "Endüstriyel Seramik Sanatı" olmak üzere üçe ayırmaktadır (Uludağ, 1997).

İnsanlığın evrim aşamalarında ateşin bulunması ve denetimi ne kadar önemliyse, kilin ateşle buluşturularak doğa koşullarına dayanıklı insan ürünü nesnelerin üretimi de bir o kadar önemlidir. Çünkü bu buluş insanoğlunun doğal hammaddeyi teknolojiyle işleyerek doğada kendiliğinden bulunmayan insan ürünü nesnelerin keşfinin önünü açtığı gibi, kilin biçimlendirme olanaklarının genişliği nesnenin estetize edilmesinin, dolayısıyla tasarım ürünlerinin ve sanatsal biçimlendirmelerin önünü açmıştır. Öte yandan seramik çarkının bulunması insanoğlunun ilk endüstriyel üretiminin başlangıcını oluşturmaktadır.

Herbert Read'e (akt. Güner, 2018) göre “Seramik sanatların hem en basitidir hem en zordur; en basitidir çünkü en ilkelidir, en zordur çünkü en soyutudur”. Güner'e (2018) göre de plastik sanatların tüm öğelerini bünyesinde barındıran bir resim ve heykel sanatı birleşimi olan seramik, plastik sanatların tüm öğelerini bünyesinde barındıran tek bir soyut forma indirgemek istediğinde sanatların en zordur. Endüstriyel seramiklerin üretiminde ise şekillendirme yöntemlerinden birisi

olarak kalıp yöntemlerinin kullanımının bulunması sayesinde seramik ve şekillendirme biçimleri değişime uğrayarak farklı biçimleri oluşturmaya olanak sağlamıştır.

Neolitik dönemle birlikte yerleşik yaşama geçilmesi, elle biçimlendirilerek önceleri güneşte kurutulan kilin daha sonraları ateşle buluşması ile başlayan seramik üretimi¹; insanlık kültür tarihinin en eski ve en kalıcı değerlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Sanat tarihi ve arkeoloji alanlarındaki araştırmalar, sanatın insanlık tarihinin ilk evrelerine kadar ulaşmakta olduğunu ve en eski sanat biçimlerinden birinin seramik olduğunu ortaya koymaktadır. Seramik ürünlerin ilk örnekleri çömlek olarak adlandırdığımız kap-kacak formlarında oluşturulmuştur. Saklama için kullanılan seramik ilk işlevini ortaya koyar. Mezopotamya, İran ve Mısır'da Nil nehrinin balçığından yapılma tuğlalar, Babil'de üzerine yazı yazılan kil tabletler seramik ürünlerin ilk örneklerindendir (Arcasoy, 1983).

İlk seramiklerin M.Ö. 10. ve 9. yüzyıllarda üretildiği kanıtlanmıştır (Arcasoy, 1983). Öte yandan M.Ö. 6000'lere kadar tarihlenen seramik buluntular, Konya Çatalhöyük, Diyarbakır Çayönü Höyük ve Burdur Hacılar'da gün ışığına çıkarılan seramik kaplar ve heykelcikler seramiğin ana vatanının Anadolu toprakları olduğunu belgelemektedir. Homeros'un İlyada destanında geçtiği üzere Alishar, Boğazköy ve Troya'da (Erman, 2012) ilk kez kentleşme sürecine paralel çömlekçi çarkında endüstriyel üretim başlamıştır. Bazı kaynaklarda ise çömlekçi çarkının Kalkolitik Çağ'ın sonlarına doğru M.Ö.3200 yıllarında Mezopotamya'da ortaya çıktığı geçmektedir (<https://hititerra.com/seramik-tarihcesi>).

İ.Ö. 2000 dolaylarında yazılı tarihin başlamasıyla, kilin tabletler olarak işlenmesi ve insanlık belleğinin bu tabletlere yazılar olarak aktarılması ise kültür tarihinde ayrıca önemli bir yere sahiptir. Örneğin Boğazköy'de on binden fazla sayıda bulunan bu kil tabletler Anadolu'nun köklü tarihe ışık tutmaktadır (Erman, 2012).

Seramik sanatı eski Mezopotamya, Pers, Suriye, Anadolu (Hititler, Frigler), Mısır, Girit, İndus Vadisi, Miken Kültürü, Yunan, Etrüsk Kültürü, Çin, Japon, Kore, İspanya ve Amerika ülkeleri ve kültürlerinde ilk ürünlerini vermiştir (Türedi Özen, 1993). 18. ve 19. yüzyıllarda buhar gücüyle çalışan makinelerin üretime katılmasıyla

¹ M.Ö.7 bin yıllarında kilin kap kacak yapımı için kullanılması, bugün "çömlekçilik" adı verilen uygulamanın da başlangıcıdır.

gerçekleşen endüstri devrimiyle seramik sanatı el yapımı sanat konumundan endüstriyel seramik sanatı yapısına yönelimini sağlayarak yeni bir alana kavuşmuştur (Uludağ, 1997).

Seramiğin tarihçesinde seramiğin öznelleştirilmesi seramik sırnın bulunmasından çok önceki devirlerde bulunmuştur. Dekor tekniğinin uygulanmasında kullanılan araç temelde insan eliyleydi. İnsanlar parmaklarını yönlendirerek çanak, çömlek gibi ihtiyacına yönelik olarak kişisel bir biçimde şekillendirildiğini sağlam kalan kalıntılarından görmekteyiz. Seramik elleriyle kazıyarak süslemeye başlanan seramik sonrasında insan doğadaki renk farkları olan topraklarla kullandı. Bu şekilde astar tekniğine ulaşan insan yeni dekor yöntemlerini de keşfetmiş oldu. Sırın bulunmasıyla da renkli sırlarla yeni teknikler oluşturarak önemli dekor araçları elde edildi (Arcasoy, 1983).

Seramik, yapısı bakımından tarihi sürece uyum sağlayarak gelişim göstermiştir. Seramik insanlığın duygu ve düşüncelerini ifade etme biçimi yönünde şekillenerek kendi dönemini anlatmaktadır. Tarihte bu yüzden seramik ifade biçimi olarak karşımıza çıkmaktadır (Mülayim Oral, 2005).

Yapılan kazı ve araştırmalar Karahanlı, Gazneli, Selçuklu ve Osmanlı Devleti sanat yapıtları başta olmak üzere Türk kültüründe de sanat değeri yüksek seramiğin yaygın olduğunu belgelemektedir. Anadolu Türk seramik sanatı, öncelikle Selçuklu seramik sanatından etkilenmiştir. Selçuklu döneminde üretilen seramikler oldukça önemli bir yer edinmiştir. Selçuklu sanatının büyük topraklara ulaşması ve birçok medeniyeti barındırması sayesinde oldukça zengin bir içeriğe sahiptir. Seramik sanatında ise geometrik yapıların oluşturduğu çini ve sırlı tuğlalarla mimaride de önemli bir yere sahiptir. Selçuklu dönemindeki eserlerin önemli bölümü çiniler ve mimari boyutta kullanılan seramikler olarak gösterilir. Eserlerdeki geometrik unsurların oldukça zengin olması önemlidir. Bu dönemde yapılan çini eserlerin günümüzde de önemi oldukça yüksektir. Özellikle Selçuklu döneminde seramik sanatı büyük bir atılım yapmıştır. Selçuklu sanatının, İslam sanatına katkıları bu bakımdan önemlidir. Selçuklu sanatının döneminde önemli üretim merkezlerinden İznik, Konya, Diyarbakır ve Kubadabad örnek olarak gösterilebilir (Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, 1997).

Osmanlı döneminde Seramik Sanatı ise Selçuklu Sanatından mirasını devralıp büyüterek yükseltmiştir. Seramik sanatı Osmanlı döneminde altın çağını 16. y.y.'da özellikle Kanuni Sultan Süleyman döneminde yaşamıştır (Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, 1997).

Bu dönemde seramik ve çini sanatında önemli gelişim yaşanmıştır. Osmanlı dönemindeki seramik üretim merkezlerinin farklılığı sayesinde yöreye özel, farklı üsluplar gelişmiştir. En önemli seramik merkezleri İznik, Çanakkale, İstanbul ve Kütahya olmuştur. Osmanlı devletinin yıkılmadan önceki yüzyılda ise porselen üretimine başlanmıştır. Porselen eserlerin ilk örnekleri bu dönemde oluşturulmuştur.

Cumhuriyet dönemine gelindiğinde; Cumhuriyetin kurulmasından sonra seramik eğitimi için yurtdışına giden Vedat Ar, İsmail Hakkı Oygur ve Hakkı İzzet gibi başlıca isimler seramik sanatının öncüleri olmuşlardır. Bu isimler üniversitelerde seramik eğitimini başlatarak, Anadolu'daki geleneksel seramik üretimini özgün bir yaklaşım katarak çağdaş seramik sanatının ilk örneklerini üretmişlerdir. 1960'lı yıllarda seramik fabrikalarının kurulumuyla endüstriyel anlamda seramik Türkiye'de üretilmeye başlanmış, ihtiyaca yönelik ürünler üretilmiştir. (Tansuğ, 1993; Akt. Mülâyim Oral, 2005).

Çağdaş seramik sanatı gelişimi bu dönemde sanayi süreciyle başlamıştır. Türkiye'de endüstriyel anlamda üretimle birlikte çağdaş seramik sanatı gelişim göstermiş ve yeni bir boyut kazanmıştır.

Cumhuriyet döneminde seramik sanatı, Füreyya Koral öncülüğünde geniş çevrelere ulaşarak çağdaş seramik sanatının temeli oluşturulmuş ve bugüne ulaşmasında oldukça büyük katkıları olan en önemli sanatçılardan biri olmuştur (Kulin, 1999; Akt. Mülâyim Oral, 2005).

Füreyya Koral ilk seramik atölyesini kurmuş ve bu atölyeyi okul gibi kullanarak birçok sanatçının yetişmesine olanak sağlamıştır. Bu bakımdan Füreyya Koral'ın atölyesi çağdaş seramik sanatı açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu atölyeyle kültür sanat etkinliklerine ev sahipliği yaparak ve kazandırdığı sanatçı ve sanat eserleri sayesinde ne kadar önemli bir yere sahip olduğu görülür.

Seramik yüzyıllar boyunca çanak çömlek gibi temel ihtiyaçları karşılayan ve insan eliyle yapılmasıyla, gerek eski çağlarda gerekse günümüzde birçok alanda

kullanılmış bir gereç olmuştur. İnsan bu sayede bir ifade biçimi olarak kişisel eşyalarından başlayarak kendi estetik biçimlerini oluşturmuştur. Bu ifade biçimleri sonrasında sanat alanında da yer edinmiştir. Seramik sanatı geçmişinden ve güncel potansiyelinden dolayı oldukça fazla öneme sahiptir ve temel sanat dalları arasında yer almaktadır.

Geçmişten beri seramik malzemenin dayanımı ve diğer birçok özelliği sayesinde taşın yanı sıra mimari yapılardaki önemi keşfedilerek kullanılmaya başlanmıştır. Mimari seramiklerin kullanımında su geçirmezlik, ateşe dayanım, hijyen (sağlığa uygunluk) ve dekoratif özellikleri dikkate alınmıştır. Yapı malzemesi olarak kullanılan mimari seramikler mimariye yeni bir boyut getirmiş; oluşturulan yapılara farklı özellikler katmıştır. Mimari seramikler dekoratif anlamda yapıları özelleştirmeye olanak sağlaması açısından ve kolay şekillendirilebilen ve ucuz maliyetli yapı malzemesi olması bakımından önemlidir. Günümüz mimarisinde seramikler yaygın bir biçimde kullanılmakta; birçok alanda güncelliğini korumaktadır.

Seramik insana söz gibi etkin ve somut olarak seslenir. Başkalaştırmalardan simgeleştirmeye, soyutlamalardan somutluğa kadar insana özgü düşüncelerin, değerlerin, ölçülerin, anlamların nesnel bir özetidir. Seramik ruhun sanatsal, tasarımsal varlıklaşmasında sonsuz olanaklarla bezelidir. Seramik heykelden kabartmalara, artistik seramikten endüstriyel seramiğe, kaplardan duvar panolarına kadar, toprak etkili, hareketli, çekici, kalıcı imgelem varlıklaşmalarının alanıdır. Seramik tutulabilen, dokunulan, sıkılan, sıkılaştırılabilen, enerji veren bir varlıktır. O hem coşturucu plastik hem de heyecanları içleştiren estetik bir varlıktır. Aynı zamanda ifade etme güçlülüğüdür (Atalayer, 2005; Akt. Daşdağ, 2009:37-38).

2. SERAMİĞİN ÖZELLİKLERİ

Seramik en temeliyle topraktır. Seramik malzeme olarak sınırsız şekillendirilme olanaklarına sahip bir malzemedir. Yeniden biçimlendirilebilir bir malzeme olan seramik bu özelliğiyle birçok alanda yeri dolmayacak bir malzeme olarak görülmektedir. Bu kapsamda geçmişten günümüze seramiğin önemi artmaktadır.

Seramik yüzyıllar boyunca insanların birçok ihtiyacını karşılayan bir malzeme olmuştur. Seramik malzemenin özellikleri içindeki bileşenlere bağlı olarak değişmektedir. Seramik malzemenin tarihteki öneminin değişmemesinin sebeplerinden biri de hammadde olarak yapısal değişkenlik göstermesine rağmen her

yerde bulunabilmesidir. Bu hammaddelerin kolay işlenebilme, kolay elde edilebilmesi, eşdeğer malzemelere oranla düşük maliyetleri sayesinde, diğer malzemelere karşı üstünlük sağlamaktadır. Malzeme olarak seramik yapısının sert ve ısıya dayanıklı olması, saklama gibi temel kullanım araçlarından biri olmasına olanak sağlamıştır. Kullanım rahatlığı ve sağlıklı olmaları sayesinde günümüzde kullanılmaya devam etmektedir.

Seramik malzeme olarak nitelendirdiğimiz ürünler; kil, kaolen ve benzeri hammaddelerin belli ölçeklerde karıştırılarak, çeşitli yöntemlerle şekillendirilip kurutulduktan sonra yüksek sıcaklıklara çıkabilen seramik fırınlarında pişirimiyle oluşmaktadır. Silikat seramiklere örnek olarak cam, tuğla, kiremit, beton, çimento, porselen ve refrakter malzemeler seramik malzeme olarak nitelendirilmektedir. Seramik bünyeler belirli bir fırınlanma ve üretim sürecinden sonra sert yapıya kavuşmaktadır ve deforme olmayan, bazı özel etkenler dışında hiçbir şekilde etkilenmeyen bir malzeme haline gelmektedir.

Günümüzde seramik malzemelere teknolojinin gelişimiyle ve endüstriyel avantajlarının oldukça yüksek olması sebebiyle kullanımının artmasının nedeni şunlardır; Yüksek sıcaklık dayanımı, Kimyasal kararlılığın yüksek olması, Çok sert olmaları, Metallerden hafif olmaları, Hammadde olarak bol miktarda bulunması ve genellikle metallere kıyasla ucuz olmaları, Pahalı ve stratejik metallere ihtiyaç göstermemesi, Erozyon ve aşınmaya karşı dirençlerinin yüksek olması, Oksitlenmeye karşı dirençlerinin yüksek olması, Sürtünme katsayısının düşük olması, Basma mukavemetinin yüksek olması gibi bütün bu üstün özelliklerine rağmen, seramik malzemelerin en önemli istenmeyen özelliği gevrek karakterde olmalarıdır (Yaylacı, 2010).

Seramik günümüzde, tıp alanında ve birçok alanda endüstriyel alanlarda kullanılan ürünlerdir. Yüksek sıcaklıklarda üretilmesinden kaynaklanan yüksek mukavemet ve sert bir yapıya kavuşmaktadır. Seramikler aynı zamanda korozyona ve yorulma dirençleri bir çok malzemeye göre daha yüksektir. Bu özellikleri nedeniyle aşınmanın etkili olduğu uygulamalarda kullanılırlar. Bu açıdan aşınma davranışlarının bilinmesi önemlidir. Seramiklerin aşınma davranışlarının belirlenmesinde, oda sıcaklığında ve yüksek sıcaklıklarda uygulanan deney düzenekleri geliştirilmiştir. Seramik malzemelerde aşınmayı etkileyen temel faktörler: sertlik, termal iletkenlik, kırılma tokluğu, korozyon direnci ve porozitedir (Yaylacı, 2010).

Seramik sanat alanında plastik yapısı nedeniyle kullanılmaya başlanmıştır. Birçok sanatçı tarafından etkin şekilde kullanılan seramik malzeme olarak şekillendirmedeki olanakları, pişirim ve renk ve üç boyutlu kullanımı açısından önemli olmuştur. Sanat seramiği sınırsız olanaklara sahip değişken yapısı estetik, özgün, tasarımın seramik sanatı, geleneksel seramik sanatının etkilerini üstüne

koyarak günümüze kadar gelmiştir. Bu süreçte diğer tüm alanlarda olduğu gibi seramik değişim geçirerek gününün ihtiyaçlarını karşılamaya devam etmektedir.

Seramik ürünlerin yapısal özellikleri ise temelde şu şekilde açıklanabilir; Kimyasal dayanım özellikleri sayesinde, asitlerden, bazlardan ve korozyondan etkilenmezler. Seramik yapısı sayesinde kimyasal erozyondan koruyarak uzun ömürlü kullanım sunmaktadır. Kimyasallarla etkileşimin yapısını değiştirmemesi ve uzun süre bu durumu muhafaza etmektedirler.

Fiziksel dayanım özellikleri ise sert olmalarıdır. Kolay çizilmez ve aşınması zor olan malzemelerdir. Özel aşındırıcı amaçla üretilmiş seramikler, tüm diğer metal ve malzemeleri aşındırma ve kesme işlemlerinde kullanımı için sert üretilmektedir. Mekanik dayanımları düşük olmakla birlikte darbelere karşı dayanıklı değildir. Basınç dayanımları yüksek olup tuğla ve yer kaplamalarında tercih edilirler. Cam fazı yüksek yapıda olmaları sayesinde porselen gibi seramikler yarı saydamlık kazanmışlardır. Özgül ağırlıkları metallere göre daha düşüktür. Sağlık ve estetik ile ilgili seramiklerin kullanılan yüzeyleri sırla kaplanmıştır. Bu sırlı yüzeyler parlaktırlar, gözeneksiz yapıları nedeniyle kir tutmaz, mikrop ve bakteri barındırmazlar, kolay temizlenirler, ısı değişimlerine ve şoklarına dayanıklıdırlar. Elektriksel özellikleri, yalıtkan özelliklerinden dolayı alçak ve yüksek gerilim hatlarında kullanılırlar. Yalıtkanlık özelliği sayesinde ve maliyet olarak en uygun malzemelerden biridir. Isı yalıtımı yüksektir. Özel olarak üretilen porozitesi yüksek ve lif şeklinde üretilen seramikler ısı izolasyonu en yüksek ve ısıya dayanıklı malzemelerdir. Refrakter özellikleri ısıya dayanıklı bir malzemedir. Yüksek sıcaklıklarda yük altında deforme olmazlar. Soba, fırın, şömine ve sanayi fırınlarında kullanılabilen tek malzemedir.

Şekillendirme özelliği, seramik kuru, yarı yaş, yaş şekillendirme yöntemleriyle şekillendirilir. Şekillendirme özelliği sayesinde hızlı bir şekilde şekillendirilmesi bakımından önemlidir. Şekillendirmede çok yönlü yapısı sayesinde yapılacak ürüne göre şekillendirme yöntemleri değişmektedir. Bu sayede zamandan kazanım sağlar ve maliyeti de düşürmektedir. Seramik özellikleri sayesinde çok yönlü bir yapıya sahiptir. Seramik bu üstün özelliklerine günümüzdeki yapılan araştırmalar sayesinde artarak yeni özellikler kazanmaktadır. Yeni araştırmaların her

dönemde ihtiyacına yönelik gelişim göstermesi seramik malzemenin kullanım alanlarının artmasına neden olmaktadır.

3. SERAMİĞİN SINIFLANDIRILMASI

Seramik malzemenin kullanımı insanlık tarihiyle başlamış ve gelişmiştir. Seramik malzeme ihtiyaca yönelik farklı biçimlere girmesi nedeniyle disiplinler arası bir malzeme olarak görülmektedir. Seramiğin günümüzde de kullanım alanlarının devam etmesi ve artması nedeniyle seramiğin sınıflandırmaya ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Seramik malzeme olarak doğada oldukça fazla bulunması sayesinde maliyeti düşmekte ve bu da kullanım alanlarını arttırmaktadır. Seramik malzemenin birçok alanda kullanılması ve farklı ihtiyaçlarına karşılık vermesi bakımından birçok sınıflandırılma mevcuttur. Bunlardan bazıları şöyledir;

Geleneksel Seramik ve İleri Teknoloji Seramik, Oksit Seramikler ve Oksit Olmayan Seramikler, Fonksiyonel Seramikler ve Yapısal Seramikler, Gözenekli Seramikler ve Gözeneksiz Seramikler gibi tanımlamalar mevcuttur. Bu tür sınıflandırmaların seramik sanatını tam olarak yansıtmadığı ve bu tanımlara uygun olmadığı görülmüştür. Seramik sanatı eser yapıtlarının içerisinde estetik değer yargılarını taşıması ve sanat eserinin niteliklerine sahip olması gerekir. Bu nedenlerle seramik sanatının kavram olarak farklı bir tanımla sınıflandırılma ihtiyacı doğmuştur. Seramik kavramını malzeme olarak sınıflandırmak yerine seramik sanatın da dahil olduğu seramiğin amacına yönelik sınıflandırmak şu şekilde olabilir;

Geleneksel Seramik,

Endüstriyel Seramik,

Sanat Seramiği (Seramik Sanatı)

Geleneksel Seramikler günlük ihtiyaca yönelik, kullanım amacı taşıyan seramikler olarak tanımlanabilir. Günlük kullanım amacını ev kullanımındaki sofa seramiği gibi amaçlara sahiptir. Kullanım eşyası olan seramikler insanların saklama gibi temel ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

Günlük kullanımın dışında, endüstriyel alanda kullanılan seramikler ise, yapısal seramikler gibi, teknolojinin gelişimiyle seramik bünyenin farklı özellikler

kazanmasına olanak sağlanan seramikler kapsamında nitelendirebilir. Endüstriyel seramiklere örnek ise Bioseramikler, elektronik ve mekanik seramiklerdir.

Sanat Seramiği olarak nitelendirebileceğimiz seramikler sanat kapsamında değerlendirilmesi gerekir. Bu seramiklerin sanat eseri olabilmesi için sanat eseri niteliklerine sahip olmalıdır. Bu seramiklerin diğer seramiklerden ayıran en önemli özelliklerinden özgün olması, estetik değer taşıması, tek ve eşsiz olması gibi, sanatçının duygu, düşünceleri ve hayal gücüne dayanmasıdır. Bu seramik sanat eserleri de kendi içinde Klasik Seramik Sanatı, Modern Seramik Sanatı gibi bölümlere ayrılmaktadır.

4. SERAMİK KULLANIM ALANLARI

Seramiği rastlantı olarak keşfeden insan öncelikle bu ürünü kendi ihtiyaçlarına göre şekillendirerek kullanım alanları oluşturmuştur. Seramik ürünleri kullanarak yapısını farklılaştırmıştır ve teknolojinin de etkisiyle bunların ihtiyaca yönelik kullanım alanlarını arttırmıştır. Günümüzde ise kullanılan en etkin malzemelerden biri olma özelliğini kazanmıştır. Bu seramiklerin günümüzde nasıl ve ne amaçla kullanıldığı sınıflandırma yapılarak daha anlaşılabilir kılınmıştır. Bunlar şu şekildedir.

Yapı Seramikleri; Tuğla, kiremit, duvar ve yer kaplama plakaları, su ve kanalizasyon boruları, sağlık gereçleri.

Ev Eşyası Seramikleri; Saksı, çanak-çömlek, süs eşyaları, sofr seramiği, ateşe dayanıklı pişirim kapları.

Elektrik; Şalter ve sigorta parçaları, alçak-yüksek gerilim izalatörleri, yalıtım seramikleri, ateşleme buji seramikleri.

Elektronik Seramikler; Manyetik, dielektrik, piezo elektrik seramikler.

Refrakter Seramikler; Ateş, silika, bazık, karbon tuğla, grafit, ateş çimentosu.

Aşındırıcı Seramikler; Zımpara taşları ve tozları, sentetik elmas.

Bio Seramikler; Seramik kemikler, protezler, dişler.

Nükleer Seramikler; Nükleer yakıt sistem seramikleri, radyasyona karşı ağır betonlar.

Mekanik Seramikler; Piston, motor gövdesi.

Ser-met'ler; Seramik metal alaşımlı parçaları.

Uzay Araçları Seramikleri; Isı ve sürtünmeye dayanıklı kılıflar, uçuş pist platformları.

Süper İletken Seramikler; Enerji İletimi Sistemleri (Bilici, 2015).

Seramik malzemesini sanat alanında da ayrı bir şekilde değerlendirmek gerekmektedir. Seramik plastik yapısı sayesinde birçok alanda kullanıldığı gibi sanat alanında da insanın temel malzemelerinden biri olmuştur. Seramik sanatı geçmiş ve gelecek arasında köprü kurmaya devam ederek ve bu sayede bizi birbirimize bağlayarak insanoğlunun tarihine de tanıklık etmektedir.

5. SERAMİK ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ

Seramik çamurunun şekillendirilmesinde çok çeşitli yöntemler uygulanır. Şekillendirme yönteminin seçiminde rol oynayan önemli etkenler vardır. Örneğin seramik ürünün çamurunun bileşim ve yapısı, kullanım alanı ve amacı, üretimin sayısal verimliliği, yeni çamur teknolojilerinden yararlanma olanakları, ürünün biçimsel yapısı gibi etkenler mevcuttur.

Ateş Arcasoy Seramik Teknolojisi kitabında (1983) şekillendirme yöntemleri şu şekilde ayırmıştır; Kuru presleme, Soğuk izostatik presleme, Sıcak izostatik presleme, Yaş Şekillendirme, Yarı yaş şekillendirme, Serbest şekillendirme, El tornasında çevirme, Yarı otomatik tornalar, Otomatik tornalar, Ekstrüzyon, Enjeksiyon, Şerit Döküm (Tape Casting, Doktor Blade), Presleme, Deri sertliğinde şekillendirme, Plazma sprej teknolojisiyle ile şekillendirme gibidir.

Seramik ilk çağlardan beri süregelen şekillendirilebilir bir yapıya sahip olarak karşımıza çıkar. Bu bakımdan malzemenin kolay bulunması ve kolay şekillendirilmesi kullanımını arttırmada en önemli etkenlerdendir. Seramik çeşitli yöntemlerle şekillendirilmeye açık olup insanlığın öznel yapısını da yansıtmaktadır. Bu öznel seramikte dekor gibi form yapılarına da yansımıştır. Bu seramiklerin elle şekillendirilmesi süreçte özneliği barındırması açısından önemlidir. Seramik geleneksel şekillendirme yöntemleri endüstriyel olan yöntemlerden farklı olup daha çok elle şekillendirme şeklindedir. Sanat seramiğinde ise şekillendirme temel olarak tüm yapıları barındırır da öznel bir yapıya sahip olması bakımından farklı bir kategoride ele alınır. Karışık tekniklerinde kullanılabileceği gibi bu eserlerin yapısı, form ve dekorları şekillendirme yöntemlerinde değişiklik göstermektedir.

Seramik şekillendirme yöntemleri çok geniş bir kapsama sahiptir. Seramik şekillendirme yöntemlerinde sanat kapsamında kullanılan yöntemlerini de barındırmaktadır. Endüstriyel anlamda kullanılan yöntemler olduğu gibi temel elle şekillendirme yöntemleri de vardır. Bunlardan bazıları çimdik yöntemi, sucuk yöntemi, plaka yöntemi ve torna ile şekillendirme olarak tanımlanabilir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte seramik şekillendirme yöntemleri çeşitlenmiş ve ihtiyaca yönelik yeni yöntemler keşfedilmektedir. Bu teknolojilerin gelişimi şekillendirme yöntemlerin çeşitlenmesi olağan bir durumdur. Seramiklerin teknolojiyi barındırarak ihtiyaca yönelik yöntemlerde her geçen gün değişerek yeni yöntemler keşfedilmektedir. Bu gelişmeler seramik şekillendirme yöntemlerini de çağa ayak uydurarak, çağın gerekliliklerine yanıt vererek dönüştürmeye başlamıştır. Bu sayede seramik sanatında şekillendirme yöntemlerinin değişmesiyle farklı olgulara ulaşmakta ve bu sayede yeni sanat alanlarının oluşumunu sağlamaktadır.

Endüstriyel devrimle birlikte seramik yöntemlerini de geliştirmiştir. Geleneksel şekillendirme yöntemleri ve endüstriyel şekillendirme yöntemleri günümüzde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Günümüzde endüstriyel bir devrim olarak görülen üç boyutlu yazıcı gibi makinelerle üretim mümkün hale gelmiştir. Sürekli gelişmeye açık olan yapıyı barındıran seramik, dünyada kendi dönemine kapalı bir yapıda olması mümkün değildir. Dijitalleşen dünyada diğer sanat alanları gibi seramik sanatında değişim ve gelişim gözlemlemekteyiz. Bu sanat olanaklarını arttırdığı gibi yaratıcı biçimlerin değişmesini sağlamaktadır. Bu biçimlerin tasarım ve sanat olgularını etkilediği gibi tasarlama ve sanat süreçlerinin de değişmesine olanak sağlamıştır.

Sanat kendi dönemini yansıtırken dönemindeki ifade biçimi olarak görülen yöntemlerden etkilenecek kendi ifade biçimlerini oluşturmaktadır. Bu ifade biçimleri sanat olgusuna yeni olanaklar sağlamakta; dönemini, geçmişle gelecek arasında köprü kurarak anlatan eserler üretilmeye başlamaktadır.

Bu bağlamda tasarım yöntemlerinin de değişimi yadsınamaz. Bu olguların tekrar ele alınarak biçim, olgu ve kavramların düzenlenmesine olanak sağlanmalıdır. Yeni biçimlerde dönemin gelişmelerinden, olanaklarından faydalanmalı ve bu biçimlere yön verilmelidir.

İKİNCİ BÖLÜM

FRAKTAL GEOMETRİ VE SERAMİK SANATI

1. FRAKTAL GEOMETRİ

1.1. FRAKTALIN TANIMI

Fraktal örüntüleri yinelenen, birbirinin tekrarı olan, doğada kendiliğinden oluşan ve matematiksel denklemlerle oluşan karmaşık, sonsuz döngüye sahip örüntülerdir. Sınırsız olanaklara, örgülere sahip bir yapı olarak karşımıza çıkar. Bu yapıları doğada birçok açıdan farklı bağlam ve örüntülerde görmek mümkün olduğu gibi matematiksel terimlerle de dijital olarak oluşturulması sayesinde fraktal kelimesinin çok yönlü bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Fraktal kavramını basitçe tanımlamak istersek, birçok geometrik şekillerin iç içe oluşturduğu birim artı sistemin sınırsız örüntüye ve boyutlara sahip olan bir yapı olarak tanımlayabiliriz. Doğanın örüntüsü ve düzenini açıklamak istersek başvuracağımız en doğru kaynak fraktal geometrisi olmalıdır. Doğada bulunan birçok yapının birbiriyle ilişkisini, doğanın kendisini ve insanoğlu doğanın bir parçası olarak kendimizi anlamak için fraktal geometrisiyle ihtiyaç duymaktayız. İnsanoğlunun en büyük gizemlerinden biri beyin örüntüleri ve bu örüntülerin nasıl işe yaradığı ile ilgili araştırmalarda gösteriyor ki beyindeki en küçük yapı birimi hücrelerinin (Şekil 9) fraktal örüntülerle oluştuğu gözlenmektedir. Başka bir deyişle doğadaki yapıların düzeni ancak fraktal yapıların geometrisiyle tanımlanabilir. Örneğin ağaç yapılarını ele aldığımızda fraktal yapılarının temelini rahatça görebiliriz. Birbirinin tekrarı olan yapılar ve ağacın kendi içerisindeki düzeni ve kendine benzerlik ilkesinden yola çıkışlı bazı ipuçlarını gözle görülür şekilde fark edebiliriz. Bu yapılar bilimde çok önemli bir yere sahip olduğu gibi yapısıyla

insandaki akciğerdeki bronşlara benzeyerek doğanın birçok yerinde olan benzerliklerinden biri de bu fraktallardır. İnsan kendisini anlaması için doğayı anlaması gerektiğini, bize doğanın kendi yöntemleriyle göstermektedir.

Bilimde, çoğunlukla biçimlerin tekrarlarından oluşan geometrik yapıları isimlendirilen fraktal, parçalanmış ya da kırılmış anlamına gelen Latince "fractus" sözcüğünden türetilmiştir. Fraktal kelimesini Karl Weierstrass tarafından ilk kez 1861'de hiçbir noktada diferansiyellenemeyen eğriler için kullanmıştır (Hacısalıhoğlu, 2015; Akt. Gülderen, 2017).

Fraktallar, klasik (Öklid) geometrideki kare, daire, küre gibi keskin hatlı ve pürüzsüz şekillerden farklıdır. Doğadaki, Euklid Geometrisi aracılığıyla tanımlanamayacak kadar çok uzamsal açıdan düzensiz/pürüzlü olguya ve biçime fraktal denilmektedir. 1975'te Polonya asıllı matematikçi Benoît B. Mandelbrot, "fraktal" tanımını yaptıktan sonra bu şekiller üzerine Fraktal Geometri'yi tanımlamıştır. Bu geometri, yalnızca matematik değil fizik, kimya, biyoloji ve akışkanlar mekaniği başta olmak üzere farklı alanlar üzerinde önemli etkiler yaratmıştır (Gülderen, 2017).

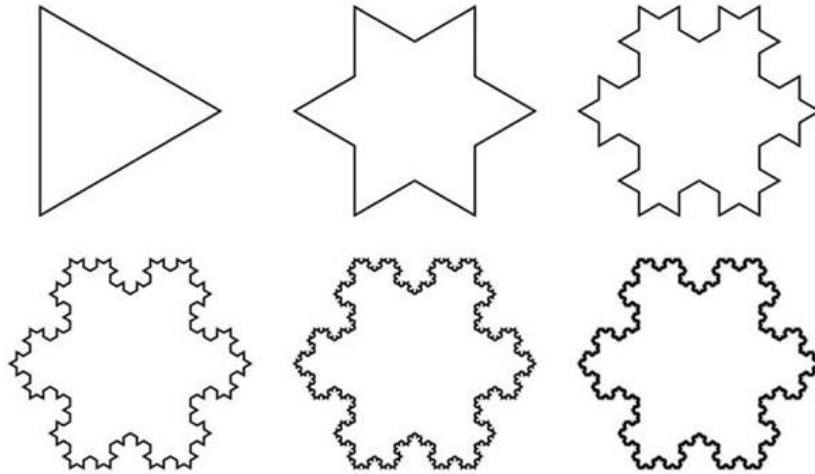
Fraktal ismi Latince 'kırıklı' anlamına gelen 'fractus' kelimesinden türeten Benoît Mandelbrot tarafından ortaya atılır ve fraktal yapıların en ünlü fraktalı oluşturmuştur. Mandelbrot örüntüsünün fraktal yapılarının temel özelliklerini barındırmaktadır. Bunlar simetri, altın oran, kaos, gibi birçok kavramı tek bir örüntüde göstermektedir. Mandelbrot fraktalını daha iyi anlayabilmek için görselin yakınlştırılarak gözlenmesi ve biçimlerin tekrarının detaylı incelenmesi gerekmektedir. Mandelbrot, bilgisayar ortamındaki Mandelbrot kümesini oluşturduğunda karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülür. Mandelbrot kümesinin derinlerine inildikçe yapının aslında hiç değişmediğini ve hatta içerisinde yeni birçok yapının bulunması ve bu yapıların birbirini tekrar etmesiyle sonsuz bir döngüye sahip olduğu görülmektedir. Fraktal yapıların örnekleri çoğaltılabileceği gibi üç boyutlu ve iki boyutlu olarak oldukça fazla örnekleri bulunmaktadır. Fraktal örüntülerin en önemlileri Julia Kümesi, Koch Eğrisi, Koch Tanesi, Sierpinski Üçgeni gibi yapılardan bahsedebilir. Örneklerin ilk olması ve fraktal yapıların tam anlamıyla bütün özelliklerini taşımaları sebebiyle önemli bir yere sahiptir.

Fraktal örneklerinden en önemlilerinden biri de Koch kar taneciğidir. Temelde eşkenar üçgen yapıların birleşiminden oluşur. Eşkenar üçgen yapının tekrarlarının üçgenlerin uç kısımlarında çoğalarak ve devamından oluşan örüntü olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 1). Genel fraktal örneklerinde yapının uçlarına ne kadar yaklaşırsanız yaklaşın geneldeki görünen yapının aynı örüntüsünü

görülmektedir. Koch kar tanesi tanımının matematikte karşılığı ise 3×4^n olarak tanımlanmaktadır.

Fraktallar temelde birim artı sistem yani sistemli bir şekilde büyüyen veya küçülen birimlerin tekrarlarından oluşmaktadır. Birimlerin büyüüp küçülmesinde de ilginç yapılarla karşılaşmamız olasıdır. Fraktal örüntülerin kendi içerisinde büyüyen veya küçülen yapılarının kendi içindikileri düzenin aynı biçimde oluştuğunu görmekteyiz. Örüntüler birbirini tekrar eden sarmallar olduğu gibi sistematik birim artı sistem yapısıyla da karşılaşabiliriz. Fraktalların temeldeki yapısının tek bir tanımı yoktur. Yapısal farklılığın tek bir matematik problemine indirgenemeyeceğini görmekteyiz. Fakat fraktal örüntülerinin her birini bir matematiksel olarak bugün çözümleyebiliriz.

Şekil 1. Koch Kar Taneciği



Kaynak: intothefractalvoid.blogspot.com, b.t.

Doğanın eşsiz bütünlüğü ve bir o kadarda farklı yapılarda olması birbiriyle uyum içinde olması belli bir düzeni olduğunu kavramamıza yardımcı olmuştur. Bu düzeni anlarken insan hayatındaki bütün bu düzeni kendi lehine kullanmaya çalışmaktadır. “Doğanın derinliklerine bak, o zaman her şeyi daha iyi anlayacaksın.” sözüyle Albert Einstein doğanın önemine dikkat çekerek ne kadar önemli olduğunu vurgulamıştır.

Doğadaki çeşitliliğe rağmen tüm yapıların oluşması ve gelişimini geometrik yapıları özellikle fraktal geometriyle oluşumunu açıklayabiliriz. Bunların içindeki doğada tüm yapıların belli bir fraktal örüntüye sahip olduğunu kavramak

gerekmektedir. Bu örgünün en küçük yapısından kendi yapısına kadar örgüler bütünlük sağlayarak bu fraktal geometriyle tanımlanabilir. Bunlar yeryüzü şekillerinden doğadaki en küçük canlılara kadar aynı örüntüler benzerlik göstererek fraktal geometriyle tanımlanarak, gelişim gösterir.

Fraktal yapılar sadece matematikte değil fizik, kimya, fizyoloji, akışkanlar mekaniği gibi birbirinden bağımsız alanlar içinde de etkileri olan bir yapı olarak karşımıza çıkar. Tüm fraktallar kendine benzer veya kendi içindeki yapıların büyümesi ve küçülmesi ve açıların değişerek oluşturduğu yapılar olarak benzer örüntülerdir. Bu örüntülerin en küçük birimiyle ve en büyük yapısının arasında yinelenen yapıların görüldüğü gibi bu yapılarda büyük benzerlik bulunmaktadır. Bu örüntülerin en küçük yapıları yapının bütününe benzer. Bu örüntüler yineleyerek tekrar eder ve bu yapının sonsuza kadar oluşmasını sağlar.

Tüm fraktal yapıları kendine benzerlik veya yapıların kendine içinde benzerliğe sahiptir. Kendine benzerlik yapılarında çalışmayı oluşturan yapılar ya da bileşenler çalışmanın bütünüyle benzerlik gösterir. Düzenli veya düzensiz yapılar ve örüntüler giderek küçülen, büyüyen yapıya sahiptir ve tümüyle bu yapılar soyut nesnelerde sonsuza kadar süren bir yapıdadır; öyle ki, her parçanın her bir parçası büyütüldüğünde, yine cismin bütününe benzer. Bu fraktal yapıları kar tanesi ve ağaç kabuğunda kolayca gözlenebilir. Bu tip tüm doğal fraktal yapılar ile matematiksel olarak kendine benzer olan rastgele yapılarda oluşmaktadır. Bu sayede ancak istatistiksel olarak ölçeklenirler. Fraktal cisimler, düzensiz biçimli olduklarından ötürü Öklid geometrisiyle benzerlik göstermezler.

Fraktal daha iyi çözümlemek için birçok tanımla bağıntısı olduğu için ve anlaşılabilirliğini arttırmak kapsamında bağıntılı matematik, geometri gibi temel kavramlara kısaca değinilmesi önemlidir. Matematik kavramı fraktal yapılarının açıklamasında temel tanımların en önemlisidir. “Matematik Sayı ve ölçü temeline dayanan nicelik biliminin genel adı olup Yunanca bilgi anlamına gelen mathema sözcüğünden türetilmiştir. İnsan deneyiminin bir parçası olan matematik, yaşamın pratik ihtiyaçlarından doğmuş en eski bilimdir. Başlangıçta; günlük yaşamın ihtiyaçlarına yönelik basit sayma ve ölçme işlemlerinde kendini gösteren matematik bu günlük kullanımlarının ötesinde, giderek soyut, kendi içinde entelektüel yönden ilginç bir nitelik kazanır.” (Kara, 2000, 4)

Matematiğin günlük kullanımları ötesinde, giderek daha soyut ve zihinsel bir hal alması, kendi içinde entelektüel yönden çok önemli bir olaydır. İnsan zekasının yaşam ihtiyaçlarının ötesinde kuramsal konulara yönelmesi matematikte düşünsel ve biçimsel değişimleri doğurur. Matematikte pratik aritmetik işlemlerden daha soyut

Fraktal boyutların anlaşılması açısından önemli bir yere sahip olan geometrinin kelime kökeni Yunancadan gelmektedir. Geo Yunancada dünya, metri ise ölçüm anlamına gelmektedir. “Doğanın kuralları tanrının matematiksel düşünceleridir” sözüyle fraktalların temelini anlatan Öklid geleneksel geometrinin kurucusu olarak görülür. Öklid doğanın kurgusu ve bir düzeni olduğunu varsayarak çalışmalarını bu yönde oluşturarak anlamaya ve kavramaya çalışmıştır. Öklid Elementler kitaplarında geometri ve doğa ilişkisi gibi birçok konuda bir düzen çerçevesinde görmeye çalışmış ve anlatmıştır. Bu kitaplarda da Öklid doğayı ve fraktal geometriyi tanımlamaya, öngörmeye çalışmıştır.

Fraktal Geometri'nin dallanma ve kendine benzerlik ve birim artı sistem gibi organik yapılar için açıklamaya çalışan Fibonacci ve Altın oran gibi kavramların doğayı anlama konusunda doğru ama eksik kaldığını görmekteyiz. Bu bakımdan doğanın dili ve sistemini anlamlandırabileceğimiz yeni bir anlatış biçimi olarak fraktal tanımını görmekteyiz. Fraktal yapılarla en küçük yapı biriminden en büyük doğa oluşumlarına kadar ilkeleriyle açıklanabilmektedir.

Matematik yüceliğın tipik bir örneğı yıldızlı gökyüzü manzarasıdır. Burada gördüklerimiz algılayabildiğimizin çok daha ötesine gider ve gördüğümüzden fazlasını düşünmeye zorlanırız. Sezgilerimiz; tanrı, dünya ve özgürlük gibi aklımızın kanıtlayamadığı düşünceleri oluşturmamıza izin verir. Mantığımız algılayamadıklarını dizginleyip tek bir sezgide toplamayan, hayal gücümüzü aşan sonsuzluk varsayımına yöneltir. Hayal gücü ile aklın arasında “özgür oyun” imkanının yıkılması ile, ortaya öznelliğimizin boyutunu kavrayabilmemize yardım eden ve sahip olamayacağımızı elde etme isteğı duyuran, rahatsız edici olumsuz bir haz çıkar. Dinamik yücelik için en tipik örnek fırtına görüntüsüdür. Burada aklımızı

sarsan sonsuz genişlik değil, sonsuz güç izlenimidir. Bu örnekte de duyarlı doğamız kendini aşağılanmış bulur ve bu da bir kez daha bir rahatsızlık duygusu doğurur. Bu rahatsızlık duygusunu dengeleyen karşısında doğanın güçlerinin umarsız kaldığı ahlaki yücelik duygumuzdur. Kavramları oluşturan “madde” dünyası, sezgilerimizin madde dünyasıyla karşılaştığında “töz” olgusu, bu bağlamda Platon’dan ayrılır. Sanat sadece fraktal geometrinin sunduğu versiyonların dışında *örüntü okuma, yoluna girer. Sanatçıyı analitik düşünme, ideal oran–altın oran saplantılarından kurtarıp, özgürleştirir. Sanatçı analitik reddedişler, tinsellikle madde dünyası arasında gidip gelen deneysellikle zenginleşir. Herakleitus’un M.Ö (535-M.Ö.475) “Aynı nehre iki kez girilmez” sözünden yola çıkarak deneyimleriz” Kant (1724-1804) (Cınbarcı, 2015).

Doğayı anlamaya çalışan insanların bu yapılarda sistematik bir matematiksel oluştuğunu keşfetmesiyle başlayan fraktal yapıların sayısı belirsiz şekilde örüntülerini görmek mümkündür. Bu örüntüleri binlerce kez fraktal ilkeleriyle örneklemek mümkündür. Bunlardan bazıları kar taneleri, salyangoz kabuğu, ağaç yapıları, dağ şekilleri ve doğadaki birçok çiçeğin yapısı gibi örnekler gösterilebilir. Tüm bu örüntülerin dışında fraktal geometrinin içerdiği yapıların mimariden, sanattan ve çok alanlı bilimlerde kullanımı temel yapı taşlarından biridir.

Şekil 2. Uzun Pozlama Tekniğiyle Samanyolu Fotoğrafı, Christian Sasse, 2017



Kaynak: nationalgeographic.com, b.t.

Çavuş ve diğerlerine (2016) göre; Kaos, sözcük anlamı ile ve günlük dilde, “karmaşıklık, düzensizlik, belirsizlik” hatta “anarşi” gibi ifadeleri düşündürmektedir. Kavram, Yunanca “boşluk, yarık, hudutsuzluk” anlamlarına gelen “khaos” sözcüğünden gelmektedir. Kaos sözcüğü günlük dildeki kullanımından daha farklı biçimde “düzensizliğin içindeki düzen” anlamında kullanılmaktadır (Kendirli, 2006).

Her yeni oluşum, nasıl başladığı tam olarak bilinemeyen ve öncekinden benzeşen ve dahası farklı olacak olan bir hareketin eseridir.

Kaos sözcüğünün kendisinden sonra varlığını devam ettirecek olan şeyleri bir şekilde yaratacak olan düzensiz, karmaşık bir boşluğu anlatmak için kullanılan Yunanca bir sözcük olduğu belirtilmiştir. Yunan yaratılış miti, “hiçbir cismin düşmesinin durdurulamayacağı, farklılaşmamış bir boşluk” olan Kaos ile başlar (Kaçmaz, 2005).

Fraktallar rntleri en yalın şekilde matematikte Fibonacci dizisi ile açıklanabilmektedir. Fibonnaci dizisi, her sayının kendinden öncekiyle toplanması sonucu oluşan bir sayı dizisidir. Bu şekilde devam eden bu dizide sayılar birbirleriyle oranlandığında altın oran ortaya çıkar, yani bir sayı kendisinden önceki sayıya bölündüğünde altın orana gittikçe yaklaşan bir dizi elde edilir. Fibonacci sayı dizisindeki sayıların birbirleriyle oranı olan ve altın oran denilen 1,618 sayısı ise doğada, sanatta ve hayatın her alanında görülen ve estetik ile bağdaştırılan bir sayıdır. Ayrıca Pascal üçgeninde de Fibonacci sayı dizisi bulunmaktadır (Kaya, 2016).

Altın oran kavramı klidin elementler kitabında ilk olarak bahsedilmektedir. “Bir doğrunun büyük parçasının küçük parçaya oranı tüm doğrunun büyük parçaya oranına eşitse bu doğru u ve orta oranda bölünmüş denir.” klid, kitaplarında bu sözleriyle altın oranı tanımlamıştır.

Doğadaki gördüğümüz tüm örüntüler, ağaçlar, bitkiler, bulutlar, canlı veya cansız olarak nitelendirebileceğimiz her şey, hava durumu sistemleri, bu tüm rntleri Fibonnaci Sayı Dizimi ve Altın oranla cebirsel uyum göstermişlerdir; ancak 1970’lere, Benoit Mandelbrot’un yeni geometrisini “Doğanın Fraktal Geometrisi” adlı kitabıyla bir geometri olarak tanıtılarak ortaya çıkmıştır. şimdiye dek insanlık tarihinde insanların geometriyi sezinleyerek sanat ve zanaatta; mimari ve şehircilikten, resimlerinden, tüm eserlerine kadar birçok alanda kullanmaktaydılar. Bu kapsamda fraktal olgusu yeni bir yapı olarak görülmemektedir (Gülderen, 2017).

Şekil 3. Evrendeki Benzer Fraktal Örüntüler

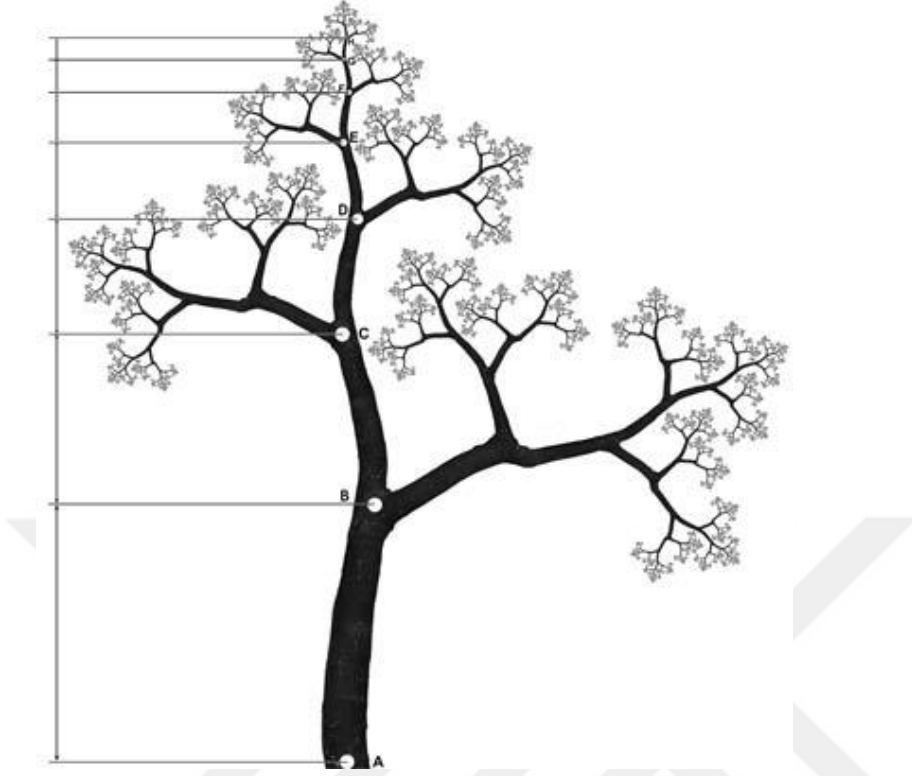


Kaynak:Anonim, b.t.

Fraktal Geometri, doğadaki fraktalların sistematiğini iki ana özellik ile açıklayabiliriz. Birincisi “kendine benzerlik”, ikincisi kesirli boyut yapıları özelliğidir. Kendine benzerlik, birim yapısının benzerinin bir sistematik bir biçimde oluşumuyla açıklanabilir. Fraktal geometrinin anlaşılması için doğayı detaylı biçimde incelenmesi gerekmektedir. Doğal bir nesne oluşumunda kendini zaman zaman tekrar ediyorsa, fraktal örüntülerde kendini zaman zaman tekrar eden bir düzen olarak tanımlanmıştır. (Gülderen, 2017).

Doğadaki bir nesnenin küçük parçalarında kendi yapısını gösteren en güzel örneklerden birisi piramit karnabahar gösterilebilir. Bu karnabaharın her parçası da yine bir ufak brokolidir. Ağaçlar, kan damarları, akciğer yapıları benzer şekilde fraktal oluşturacak şekilde dallanırlar. Fraktal Geometri, gördüğümüz tüm yapıların nasıl oluştuğunu açıklamaya çalışır.

Şekil 4. Ağaç Yapılarının Fraktal Örüntüleri



Kaynak: fractalfoundation.org, b.t.

Tarih boyunca doğanın insanlar tarafından anlaşılmasına çalışması belli yetileri de beraberinde getirmiştir. İnsan tarih boyunca doğayı taklit ederek hayatta kalmaya çabalamıştır. Aletler yaparak avlanmış, toprağı kendi lehine kullanmayı öğrenmiş, tarım yapmayı öğrenmiş ve doğa, insan için hep merak ve gizem içermiştir. Doğanın fraktal yapıları içermesi ve doğanın matematiğini anlayabilmemiz için önemli bir yere sahiptir.

1.2. FRAKTAL TÜRLERİ VE FRAKTALLARIN OLUŞUMU

Doğal fraktallar doğanın temel yapı taşından evrenin yörüngelerine kadar tüm her yerde görmek mümkün olduğu gibi doğada birçok örnekle karşımıza çıkmaktadır. Fraktalları doğadaki fraktallar ve yapay fraktallar olarak ikiye ayırarak çözümlememiz gerekmektedir.

Mandelbrot tarafından fraktal tanımlamasından sonra fraktal yapıların kapsamalarını araştırmak ve çözümlemek daha kolaylaşmıştır. Bunun nedeni ise teknolojinin gelişimiyle bilgisayarda formüllerin fraktal örüntülerin görüntü olarak

oluşturmaya başlanmıştır. Bu sayede fraktal yapının incelenmesinde, araştırılmasında büyük bir yol kat edilmiştir.

Doğadaki biçimlerin hepsinin öklid geometrisine ait olmadığı görülür. Fakat bu bağlamda fraktallarında geometriyle aracılığıyla bu biçimleri tanımlamak mümkündür. Yer küreyi 6-7 defa dolaşabilecek kan damarlarını ve bir futbol sahası kadar alan kaplayan akciğer hava keseciklerini, 2 metreyi aşkın uzunluğa sahip DNA molekülünün 100 trilyon hücremizden her birindeki birkaç mikrometrelik çekirdeğin içinde paketlenmesinin ardında sadece fraktal geometri kuralları vardır. Kendi üzerinde dönüşüm içeren fraktal yapılar sadece durağan resimler olarak karşımıza çıkmazlar, doğada hareket halinde olan yapıların biçimlerini ve davranışını da açıklamaktadır. Örneğin deniz yaşamından mercanlar ve süngerlerin oluşumu, yükselen dumanın karmaşık görüntüsü dinamik fraktallar olarak gösterebiliriz (Yılmaz, 2013).

1.2.1. Doğal Fraktallar

Doğal fraktallar doğanın kendi yapısına uygun, raslantısal, dışarıdan müdahale gerekmesizin oluşturduğu yapılara verilen addır. Fraktal geometri doğanın en belirgin özelliğinden birini birim artı sistem yapısını oldukça yalın bir biçimde ortaya koyar. Bu yapılara örnek bitki ve ağaç yapılarını örnek gösterebilir. Doğadaki oluşumla birlikte evrendeki yapılarında fraktal örgüsüyle bezendiği görülür. Gezegenlerin hareketi ve Satürn gezegeninin halkaları gibi örnekler çoğaltılabilir.

Bir bitkinin doğumundan, yaşamına ve ölümüne kadar geçirdiği tüm süreç bir fraktal örüntüye sahip şekilde görüntülenerek gelişmektedir. Doğadaki bütün biçimlerin kendi içindeki en küçük parçasına kadar fraktal örüntülere sahip iç yapıları ve dış yapıları bütünlük gösterir.

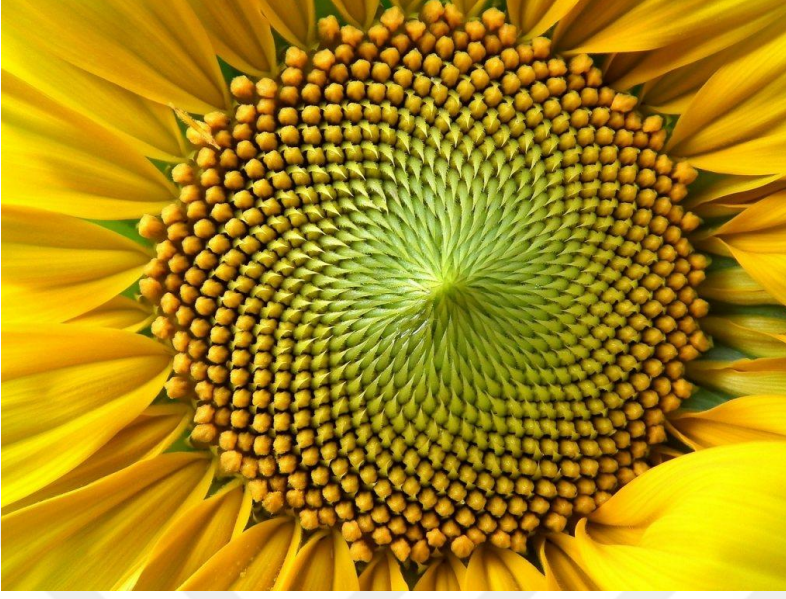
Şekil 5. Piramit Karnabahar



Kaynak: www.agrofyllida.gr, b.t.

Piramit karnabaharın yapısı oldukça piramit biçiminde, birim tekrarlarının estetik bir yapıda oluştuğu görülmektedir. Karnabaharın en önemli özelliklerinden biri bölüntülere uğrasa da yapının aynısı piramit şeklindeki yapıyı elde etmemiz açısından önemlidir. Yapının fraktal örgüsü oldukça boyut kazandırmış ve bu yapıları gözle görülür biçimde oldukları için detayları yakalayabilmemize olanak sağlar. Fraktal olgusunun en net biçimde anlatılabileceği örneklerin başında gelmektedir. Bu yapısı geometrik olarak iç içe geçen piramitleri barındırması ve çıplak gözle görünmesi nedeniyle önemlidir.

Şekil 6. Ayçiçeği Fraktal Örüntüsü



Kaynak: pxhere.com, b.t.

Ayçiçeğinin iç kısmındaki çekirdek yapısı fraktal örüntünün net bir biçimde görüldüğü önemli yapılardandır. Bu yapıda fraktal yapının çekirdeklerin yapısındaki örüntüyü oluşturarak buradaki matematiksel oran net bir biçimde görülmüş olur. Ayçiçeğin yaprakları da fraktal örüntüsüyle oluşmaktadır. Bu yüzden fraktal örüntülerin farklı biçimlerini ayçiçeklerinde görmekteyiz.

Şekil 7. Gül Çiçeğinin Fraktal Örüntüsü

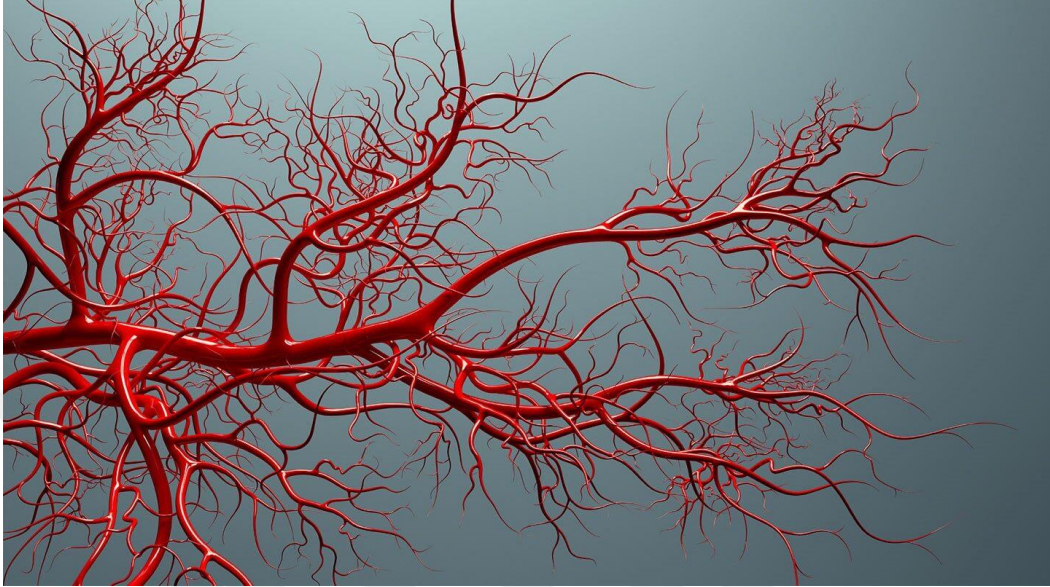


Kaynak: picsart.com, b.t.

Gül yaprakları sayısı bakımından Fibonacci sayı dizilimiyle yakından alakalıdır. Gül yaprakları Fibonacci sayı dizilimlerinden oluşur. Bu sayede Fibonacci

sayı dizimi ve fraktal örüntülerin birbiriyle bağlantı oluşturduğu bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

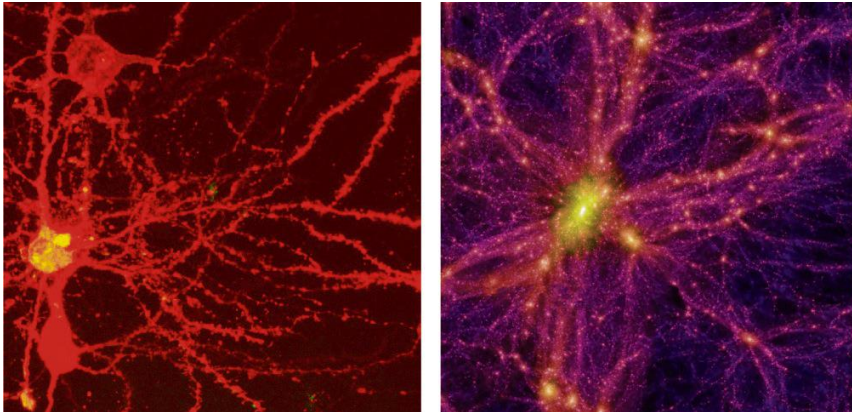
Şekil 8. Kan Damarlarının Fraktal Örüntü Kesiti



Kaynak: Anonim, b.t.

Vücuttaki kan damarları da fraktal örüntülere sahiptir. Bu fraktal örüntü dağılımları sayesinde vücuttaki damarlar dokuları ve organları besleyerek düzenli çalışmasına olanak tanır. Bu kapsamda fraktal örüntüler hayati öneme sahiptir. Vücuttaki damarlar dışında birçok organ ve yapılar fraktal örüntüye sahiptir. Bu örüntülere beyindeki sinaps² örüntülerini örneklendirebiliriz.

Şekil 9. Beyin Hücreleri ve Evrenin Uzaydan Görünümünün Fraktal Örüntüsü



(a)

(b)

² Sinaps, nöronların (beyin sinir hücreleri) diğer nöronlara ya da kas gibi nöron olmayan hücrelere iletişimine olanak sağlayan bağlantı hücreleri.

Kaynak: Anonim, b.t.

Vücudumuzun inanılmaz gizemlerinden birisi olan beyin birçok bakımdan gizemi kendi içinde barındırmaktadır. Soldaki (Şekil 9a) beyin hücrelerin (sinaps) mikroskopla çekilmiş detaylarını barındırır. Diğer sağdaki (Şekil 9b) resimde ise gezegenlerin uzaydan çekilen fotoğraflarındandır. Birbirlerindeki bu benzerlik ve fraktal örüntüye sahip olmaları nedeniyle önemli kılmaktadır. Bu kapsamda fraktal yapıların en küçük yapı biriminden evrene uzanan dünyasında fraktalların tüm çeşitlerini görmek mümkündür. Bu yüzden fraktalları kavramamız ve etkilerini görmemiz bakımından çok önemlidir.

Şekil 10. Deniz Mercanları



Kaynak: gds.it, b.t.

Dünyanın her alanda fraktal yapısında örnekler gördüğümüz gibi deniz yaşamında görmek mümkündür. Fraktal örüntülerin deniz yaşamındaki canlılarında da yoğun bir biçimde görülmektedir. Bunların en belirgin olan yapılarından biri de deniz mercanlarıdır. Deniz mercanları deniz yaşamı için ortak paydada oldukça önemli bir yere sahip olmaları ile bilinmektedirler.

Şekil 11. Mısır'daki Vadi Cedid Asvan Alanının Uydu Görüntüsü ve Fraktal Örüntüsü



Kaynak: ciberneticon.com, b.t.

Yeryüzü şekillerinde de fraktal örüntülere sahip birçok alanı görmekteyiz. Bunlardan dağların uzandığı vadileri, akarsu ve denizlerin kıyı yapıları gibi örnekleri çoğaltarak doğal fraktal oluşumlarına örnek verebiliriz. Bu yapılara doğanın işleyişini gözler önüne sermektedir. Bu yapıların doğallığını korumaya çalışılmaktadır.

Kristal yapılar, bulutlar, yusufçuk kanatları, yaprak yapıları, deniz kabukları, kara lahana, kozalaklar, mağrada oluşan sarkıtlar, kar taneleri, yıldırım, şelale ve ağaç yapıları da doğal fraktal yapılarına örnek gösterilmektedir.

1.2.2. Yapay Fraktallar

Yapay fraktal yapıları öncelikle tanımlayan Mandelbrot tarafından bilgisayar yardımıyla oluşturulmuştur. Mandelbrot ilk fraktallara kendi ismini vermiştir. Bu yapay fraktal örüntülerinin iç içe geçmiş büyük yapılarda olması ve detaya girildikçe aynı örüntüyü elde etmekteyiz. Bu durumda fraktal yapıların anlaşılabilirliği artmıştır.

Bu fraktal yapıların oluşturulmasında sadece matematik denklemi oluşturarak düzenlenmektedir. Günümüzde ise fraktal oluşturmak oldukça kolay olması bakımından herkes kendi fraktalını oluşturarak görselliğine zenginlik katmaktadır.

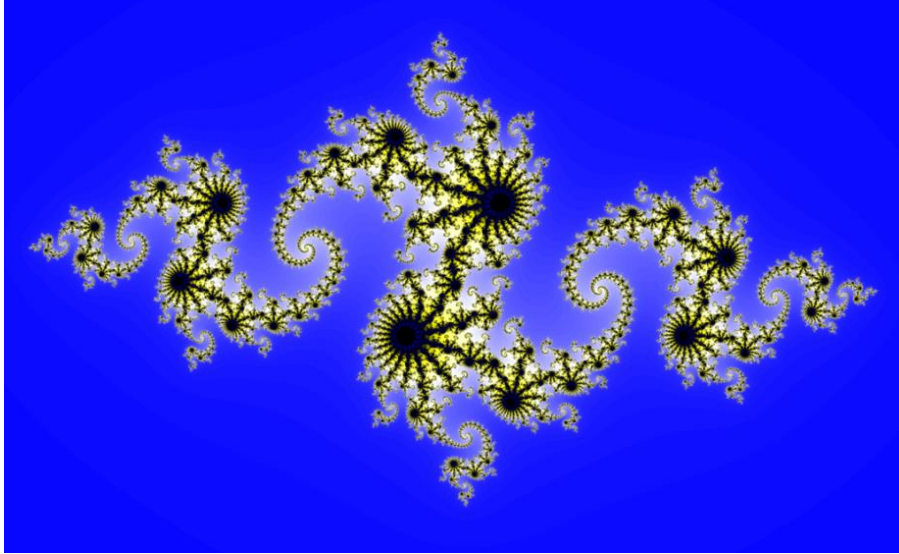
Şekil 12. Cantor Dizisi Fraktalları



Kaynak: fractal.institute, b.t.

Cantor dizisinde yapı eşit şekilde üçe bölünür ve ortadaki parça kesilerek yandaki diğer iki parçanın da aynı şekilde devam etmesi sağlanır. Bu yapı sayesinde bölünerek ana yapıyı oluşturur. Cantor Dizisi yapı örüntüleri ağaçlarda ve doğadaki oldukça fazla yapıyla örtüşerek doğadaki yapılarla aynı bölünmesine sahiptir. Grafiksel olarak gösterilen Cantor fraktalları ilk örneklerden olduğu için önemli bir yere sahiptir.

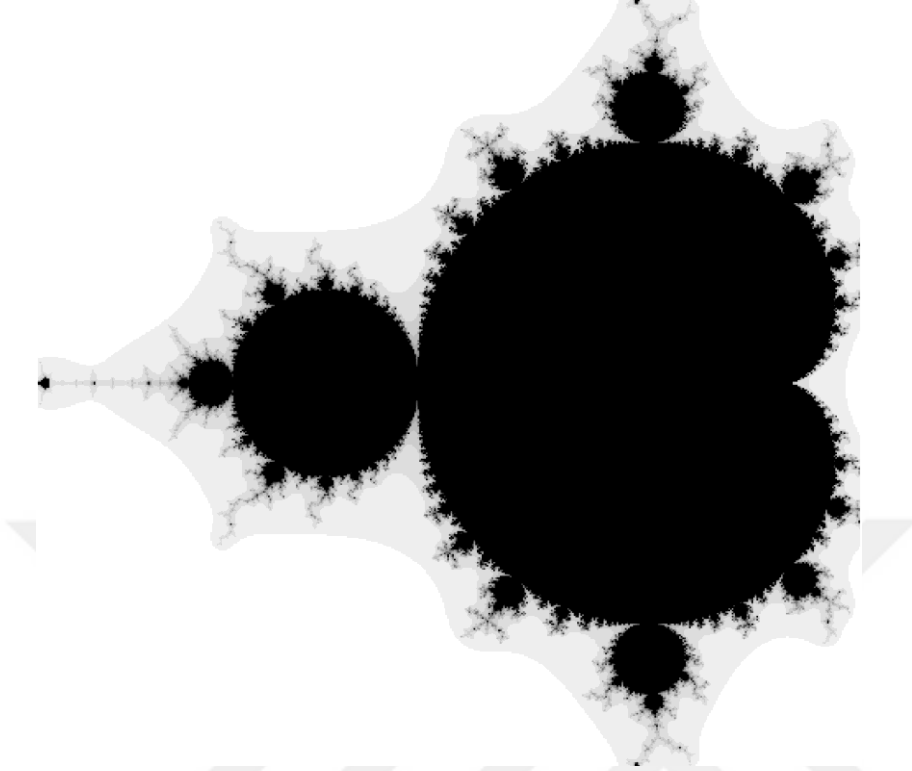
Şekil 13. Julia Set Fraktalları



Kaynak: .uh.edu, b.t.

Mandelbrot tarafından oluşturulan Julia Set fraktalları bilgisayarda birçok denklemin defalarca tekrarlanmıştır ve bu örüntüler yeni bir fraktal örüntü olmasını sağlamıştır. Julia fraktalları çok basit bir formül kullanılmasına rağmen kapsamlı bir örüntü oluşturarak fraktal boyutunu ortaya koymuştur.

Şekil 14. Mandelbrot Set

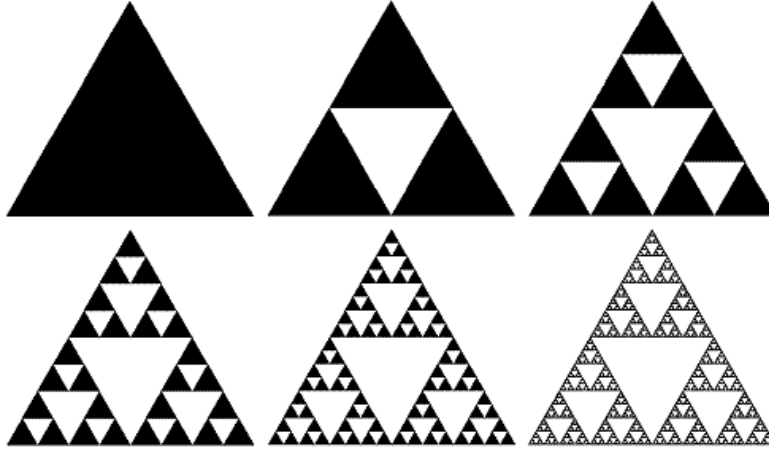


Kaynak: paulbourke.net, b.t.

Mandelbrot bilgisayar ortamında üretilen ilk fraktal yapıdır. Mandelbrot'un kümesi kendi içinde birim artı sistemi oluşturarak kendi içinde tekrarlara sahiptir. Örüntünün içerisinde milyonlarca örüntüye sahiptir. İstedığınız bir alanı yüzlerce veya binlerce kat büyütürük biçimlerin ne kadar değiştiğini görmek mümkündür.

Mandelbrot kendi ismini verdiği bu fraktal yapı sayısız şekilde büyütülerek birbirinin benzer yapılarını görmek ve içerisindeki bağlantıyı anlamamız açısından çok önemli bir yere sahiptir.

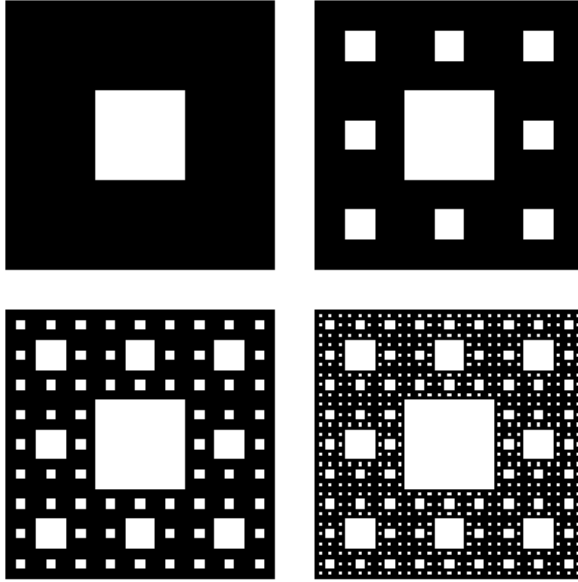
Şekil 15. Sierpinski Üçgeni



Kaynak: iesjsegrelles.org, b.t.

Bir başka ünlü fraktallardan biride Polonyalı matematikçi Waclaw Sierpinski'nin oluşturmuştur. Eşkenar üçgenin içinden küçük eşkenar üçgenler eklenerek elde edilir. Bu işlemi tekrarlamaya devam edersek Sierpinski üçgeni elde etmiş olunur.

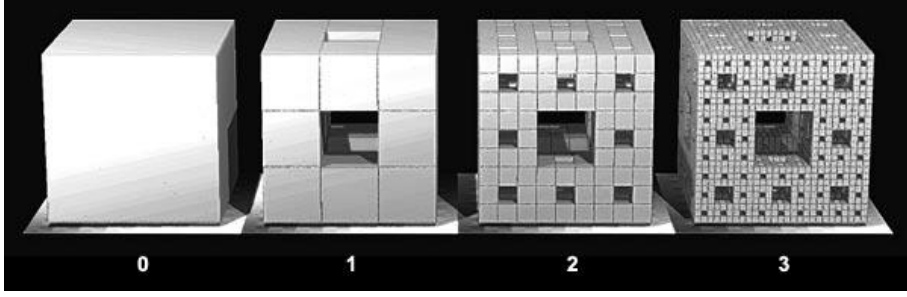
Şekil 16. Sierpinski Halısı



Kaynak: fractalfoundation.org, b.t.

Sierpinski halısı kare biçiminde içinde simetrik şekilde karenin bulunduğu bir örüntüye sahiptir. Birim artı sisteme sahip olan örüntüde karelerin belli bir sistematik şekilde birim artı sistem yapısına sahiptir. Bu birimler arası sabit bir mesafe bulunarak simetri oluşturmuştur.

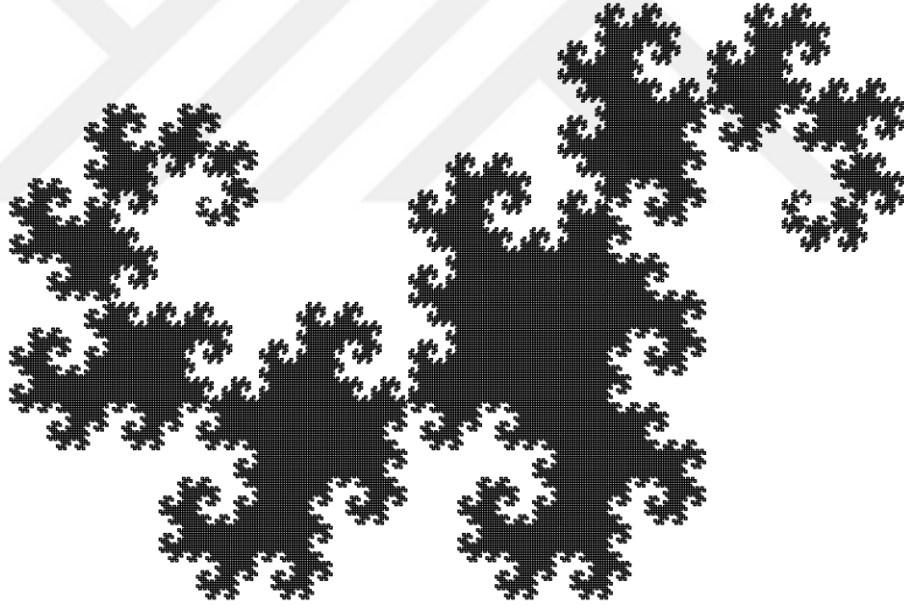
Şekil 17. Sierpinski Küpü



Kaynak: fractalfoundation.org, b.t.

Sierpinski halısında bulunan birim artı sistemin aynı şekilde yapılandırılması ile Sierpinski Küpünü oluşturulur. Sierpinski halısından farkı ise birim artı sistemin üç boyutlu halinde oluşturulmasıdır. Küpün tüm yüzeylerinde bu sistemin oluşturduğu desen net olarak görülebilmektedir.

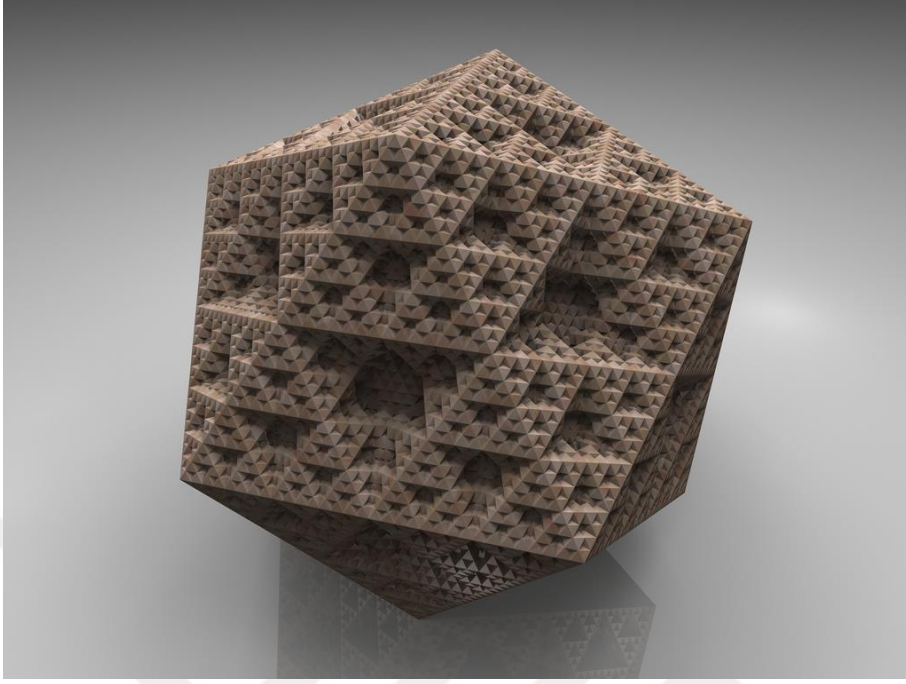
Şekil 18. Dragon Curve Fraktal



Kaynak: mathworld.wolfram.com, b.t.

Dragon Curve fraktalları ise kendine benzerlik ilkesine dayanmaktadır. Bu fraktalın bir desen örüntünün birbirine eklenen bir yapıya sahiptir. Desenin üst üste eklenmesi ile oluşturulmaktadır. Doğadaki kendine benzerlik ilkesini barındıran bu desen ağaç gibi yapıların matematiksel örüntüsünü göstermektedir.

Şekil 19. Polyhedron Fraktal



Kaynak:Anonim, b.t.

Polyhedron fraktalları çok yüzlü olduğu görülmektedir. Bu yüzeylerin fraktal biçimlerde olan birim artı sistemin oluşturduğu yapılardadır. Polyhedron çok yüzlü olması sayesinde birçok boyut kazanmış bir yapıdır ve bu yapıya birim artı sistemin örüntülerini yüzeylerde oluşturulmuştur. Bu yüzeylerin hepsi birebir aynı olarak görülmektedir. Bu fraktalın desenlerin sayesinde çok yönlü bir yapı oluşturulmuş olur.

1.3. FRAKTAL GEOMETRİNİN SANATA SAĞLADIĞI OLANAKLAR

İnsanoğlu doğayı taklit etmeyi, doğayı deneyimleyerek öğrenmiştir. İnsanlık tarihinde insan, doğadan kopmayarak onun bir parçası olarak görmüştür. Doğayı kendine rehber olarak gören insan bu sayede kendini geliştirmiştir. Fraktal yapıların olanakları kendi içindeki sınırsızlığı sayesinde eşsiz bir durumdadır. Fraktal örüntülerin birçok alanda kullanımı söz konusu olur. Bunlardan yolların yapımından, mimaride bilim alanında, teknoloji ve sanat kapsamında sınırsızlığını keşfederek insanlık yararına olanak sağlar.

Fraktal yapıların yaşamdaki örüntüleri sınırsız yapıya sahiptir. Bu örüntüler biçimleri de farklı olsada temelde fraktal yapının özelliklerini göstermektedir. En

küçük yapı biriminden evrene kadar tüm doğal yapıların fraktal biçimle tanımlanmasına olanak sağlar.

Matematik ve fraktal yapılarından sanatçılar yıllarca yararlanmış ve eserlerini oluştururken önem verdiği konuların en başında gelmiştir. Her nasılsa bir resimde sanatçı ışığı ve renkleri kullandığı gibi altın oran, matematik ve fraktal örüntülerin görsel biçimlerini kullanarak eserlerini geliştirmeye devam etmiştir.

Fraktal geometrinin anlaşılması derinliklerine kadar öğrenilmesi insanı doğaya yaklaştırarak anlamamızı ve çözmeye yarayacak önemli bir yeri vardır. Fraktal oluşumların evrenden, en küçük yapı birimine kadar yapısal örüntüsünü açıklamamıza olanak sağlayan tek olgu olması bakımından önemlidir. Doğanın matematiğinin fraktal örüntülerle açıklandığı tek yargı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu olguyu geliştirmek için dijital teknolojileri de eklediğimizde anlaşılabilirliğini arttırmış yeni olanakları keşfedilmiştir ve keşfedilmeye devam etmektedir.

Fraktal yapıların kullanımı birçok alanda geniştir mimari yapılardan, sanat eserlerinden, bir şehri planlarken oldukça etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Örneğin bir şehrin trafik yoğunluğunu eşit bir biçimde dağıtılmasında kullanılabilir olması açısından fraktal örüntülerin kullanımı oldukça faydalı olup trafik yoğunluğu olan şehirlerde yoğunluğun en aza indirilmesini sağlamaktadır.

Fraktal yapıların yapılarını çözmeye çalıştıkça bilimin derinliklerine inmekte ve birçok gizemle karşılaşmaktayız. Fraktal yapıların gizemleri çözüldükçe yeni yapılar halinde karşımıza çıkmaktadır.

Doğayı fraktal örüntüler gereken geometri sayesinde doğanın sistematiklerini öğrenerek işleyişi açısından bize derin bir alan sunmaktadır. Her canlının veya doğa olaylarının açıklamasını geometri sayesinde açıklayabilmekteyiz. Bu çözümleme sayesinde bilimde teknolojiye ve birçok alanda gelişerek değiştirebilmekteyiz. İnsanoğlunun kendini anlayabilmesi için doğaya yakın olması gerekmektedir. Bu temelde basit gibi yorumlansa da oldukça karmaşık yapılara sahip olan doğa çözümlemesi önemli olmakla birlikte hayatın her alanına etki ettiği görülmektedir. Günümüzde teknoloji, bilimde görülen gelişmeler sayesinde doğanın ne kadar önemli olduğunu ve bu konuya önem vermemiz gerektiğini göstermektedir.

2. SANAT YAPITI VE FRAKTAL GEOMETRİ İLİŞKİSİ

Sanat ilk çağlardan beri doğayı taklit etme gibi bir algıdan ortaya çıkarak gelişim göstermiştir. İlk olarak mağara resimlerinden doğadaki avladıkları hayvanların resimlerine bir estetik kaygının ve gelecek nesillere bu bilgileri, deneyimleri aktarmak için ortaya çıktığı tahmin edilmektedir. Bu algı kendini geliştirerek estetik biçimlere yol açmış ve insan gelişimini sanat gelişimi de takip etmiştir. Bu algı en iyiye ulaşma çabasıyla devam etmiştir. Bu sayede oranların önemli olduğu varsayılmıştır.

Sanat eseri oluştururken sanatçılar dikkat ettikleri biçimlerde matematik ve geometrinin olanakları yadsınamaz şekilde önemlidir. Plastik sanatlardaki bir kurgu matematik veya geometri kullanılarak oluşturulması belli bir ölçülerin kullanımı ve göze hoş gelen belli biçimleri kullanmak gerekmektedir. Bu matematiğin ve geometrinin kullanımıyla ortaya çıkmaktadır. Bu fraktal yapılarında dahil olduğu biçimlere doğru yönelmekte ve bu açıdan fraktal yapıların gelişimini görmek mümkündür. Sanat eserinde kullanılan geometri doğru bir kurguya yönlendirerek oluşturmayı amaçlanır. Bu açıdan geometrinin bütün sanat eserleri üzerindeki etkisi oldukça yüksektir.

Sanat yapıtı ve fraktal geometrinin kesişmesi çok önceki zamana dayanmaktadır. Fraktal yapıların ismi konulmasa da altın oran biçiminde, Fibonacci sayı dizilimin görsel yapısıyla veya fraktal yapıların çeşitli biçimlerini barındıran eserler üretilmiştir. Bu sanat anlayışı geometrinin kullanılmasıyla gelişen sanat anlayışı olduğunu görmekteyiz. Bu anlayış birçok sanatçı tarafından benimsenip plastik sanatlar kapsamında farklı yapı biçimlerinde karşımıza çıkmaktadır. Bu yapılar kurguda, kompozisyon oluştururken ve sanatın her alanında eserlerini oluştururken fraktal yapıları kullanılmıştır.

2.1. SANAT VE GEOMETRİ

Şekillerin ve sayıların hayatımızda büyük bir bölümü kapsadığı yadsınamaz bir gerçektir. Bu şekiller geometrik yapıların sayılar ve estetik biçimlerle alakalı görünmese de birbiriyle yakından alakalıdır. Doğada görülen biçimlerin estetik yargılarımızı oluşturduğu gibi matematikle de açıklanabilmektedir. Bunlara örnek

bal petekleri veya fasulye bitkisinin büyürken oluşturduğu eğri olabilir. 1990'lı yıllardan sonra bilgisayarların gelişimiyle eğrelti otunun fraktal geometriye örnek oluşturduğu görülmektedir.

Geometriyi hayatın her alanında gördüğümüz gibi sanat alanında da önemli bir yere sahiptir. Geometri sanat eserini oluşturan sanatçı tarafından oldukça önemsenir ve belli başlı birkaç geometri kuralına uyarak oluşturmaya başlanır. Bu sayede geometrinin sanatın temelinde olduğunu varsayabiliriz. Figürlerin veya eserde şekillerin oluşturduğu düzen ve arasındaki ilişki geometriyle açıklanabilmektedir.

Sanatın yapısında temelde tasarım, düzen, güzellik ve estetik gibi kavramların olduğu aşikardır. Bu kavramların matematikle ilgisi olmadığı düşünülmektedir. Gerçekte ise durum çok daha farklıdır. Bu kavramların temelde matematik ve geometriyle doğrudan ilişkisi olduğu görülmektedir. Çünkü bir sanat eserini oluştururken düşünülen temel kavramların matematik kavramını içermesidir. Matematik olmadan güzellik kavramını tanımlanamaz. Aynı şekilde matematikçiler içinse yaratıcı biçimleri oluşturmak son derece önemli oldu görülmektedir. Yaratıcı düşünce biçimi içermesi gereken matematik alanında ise sanatın iç içe olduğu görülmektedir. Sanat ve matematiğin bir diğer ortak noktaları gözleme dayalı olmalarıdır. Matematikte ve geometride ise bu olgu doğayı gözlemekle başlar. Bu sayede doğanın bir düzenin olduğu görmekteyiz. Sanatta ise doğayı gözlemleyerek algı biçimimizde oluşları veya gördüklerimizi kendi penceremizden düşüncelere, renklere, şekillere veya sözcüklere aktararak oluşturduğumuz imgeler bir biçim oluşturur. Bu imgeler plastik sanatlarda görsel bir biçimde olmaktadır. Matematikte ise bu yaklaşım yerini sayılara ve matematik kavramlarına bırakır. Matematikte gözlemeye dayalı olmasının yanında kesinlik belirtir. Sanatta ise bu yapılar gözleme dayalıdır.

Geometri ve sanat birbirleri ile bağlantılı olup birbirlerini destekleyen iki bir bilimdir. Sanatta geometrinin kullanımı yüzyıllardan beri süregelmiştir. Özellikle mimari yapılarda geometriden faydalanılmıştır. Mimar Sinan eserlerinde geometriden yararlanmış ve muhteşem eserler tasarlamıştır. Eserlerinde geometriyi

çok iyi kullanılmış olması eserlerinin sağlam yapılar olmasına da büyük bir katkı sağlamıştır.

Sayıların hayatımız üzerindeki etkisi ve hayatımızın çok büyük bir bölümünü kapsadığı, yadsınamaz bir gerçektir. Birçok kişi matematiği sadece sembollerden ve keskin kurallardan oluşan bir bütün olarak görse de aslında içine girdiğinizde karmaşık olmasına karşın bir o kadar da zevkli bir alan olduğunu bize hemen gösterir. Hayatımızın sanat, müzik, mimari, temel bilimler gibi birçok alanında karşımıza çıkan sayılar biz fark etmesek de birbirini takip eden bir uyum içindedir ve matematiğin asıl eğlenceli yanı burada başlar.

Sanat ve matematik birçok kişiye göre birbirinden bağımsız iki farklı konu olarak görülmüştür. Çünkü matematik kesin sınırları olan ve değişmeyen sayısal hesaplara bağlı olan bir dal olarak ileri sürülürken; sanat, estetik yargıların ön planda tutularak, duyguların görsel dünyaya aktarımı şeklinde yorumlanmıştır. Oranlar, sayılar, kesirler, çizgiler, geometrik şekiller... Yapılan her tasarımın temelinde bütün bu bahsedilen matematiksel terimler yatmaktadır. Kimi tasarımcılar farkında olmadan, kimi ise bilinçli bir şekilde yapmaktadır tasarımlarındaki matematiksel yapıları. Çünkü hepimiz tasarımın temeline indiğimizde gördüğümüz her ayrıntının aslında geometrik şekillerden türemiş olduğunu fark ederiz. Bu şekillerde, birbirine belirli oranlar ile bağlanmış olan kimi zaman düz kimi zaman bükük çizgilerin değişik hacim ve oranlarda birbirine bağlanmasıyla oluşmaktadır. Her tasarımda karşılaştığımız bu şekiller aynı zamanda bize içinde bulunduğumuz dünyanın sonsuzluğunu da göstermektedir.

2.1.1. Fibonnacci Sayı Dizisi

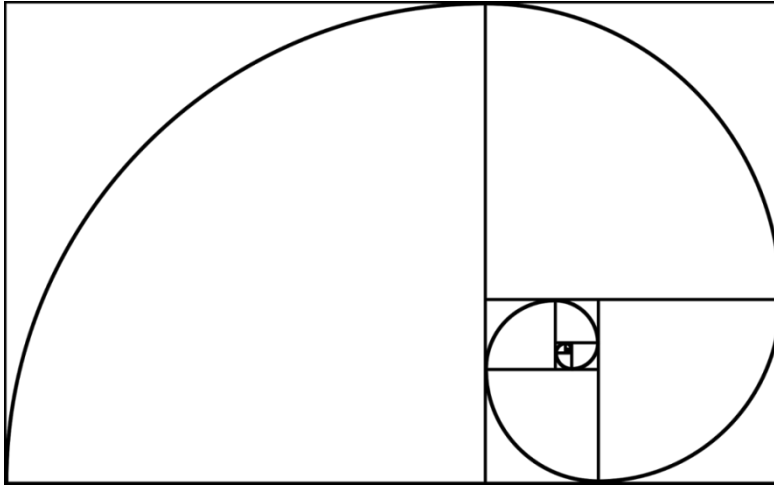
Fibonacci sarmalları matematikte oldukça önemli bir yeri vardır. Bu sarmalları oldukça fazla sayıda doğada karşımıza çıkmaktadır. Doğada deniz kabukları, bitkilerde, salyangoz, hayvanların boynuzları ve evrenin birçok yerinde bu sarmalların oluştuğunu görülmektedir.

Fraktal yapılarındaki sarmalları Fibonnaci³ sayı dizilimi ile anlatmak mümkündür. Pisa'lı Leonardo veya diğer adı Fibonacci tarafından 1202 yılında yayımlanan Liber Abaci kitabında ilk olarak tanımlanan bu sayı dizimi, başlangıçta matematiği öğretmek için kullanılan bir kitap oluşturmayı amaçlanmıştır. Fakat 17. y.y. başlarında altın oranla ilişkisi ortaya çıkmasıyla önemi artmış ve belli temellere bağlanarak gizemini arttırmıştır (Bergil, 1993).

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987... sayı dizilimi Fibonacci dizisi olarak tanımlanmaktadır. Fibonacci dizisinin sayısal anlamdaki en önemli özelliği kendinden önceki iki ardışık sayının toplamının kendisinden sonraki sayıya eşit olmasıdır.

Fibonacci sayı diziliminin önemi doğadaki en küçük yapılarda bile görülen bir yapıyı matematiksel olarak açıklanabilmesine olanak sağlamasıdır. Bununla birlikte fibonacci sayı dizilimi sayıları ilerledikçe oranı altın orana giderek içerisindeki altın oranı barındırmaktadır. Örnek vermek gerekirse insanın işaret parmağındaki kemiklerin oranı bize fibonacci sayı dizilimini vermektedir. Tüm insan vücudundaki yapılar simetrik ve altın oranı barındırmaktadır. Doğa oluşumları ve galaksideki gezenlerin hareketleri de fibonacci sayı diziliminin geometrik biçimi sarmalla açıklanabilmektedir. Doğanın içindeki bütünlüğü fraktal yapılarla tanımlanabilmektedir.

Şekil 20. Fibonacci Sarmalı



Kaynak: Anonim, b.t.

³ Fibonacci adı, “Bonacci’nin oğlu anlamına gelen Fillus Bonacci’nin isminden türemiştir.

2.1.2. Altın Oran Kavramı

Tarih boyunca insanlar dengeyi, orantıyı kullanarak doğruyu, iyiyi, güzeli araştırmıştır. Bu arayış en güzeli, en iyiyi arayışıdır. Bir biçimdeki orantısız olması insanda çirkinlik olarak yorumlanırken, biçimin orantılı olması ise güzellik olarak yorumlanmıştır. Bu biçimdeki nesnelerin birbirine olan orantıları, simetri, denge gibi kavramların oluştuğunu görülmektedir. Sanatçılar bu biçimlerin birbirilerine olan ilişkilerini, simetri, oran gibi kavramları kullanarak eserlerini oluşturmuşlardır.

Altın Oran'a ilişkin matematik bilgisi ilk kez M.Ö. 3. y.y.'da Öklid'in Öğeler adlı yapıtında "aşıt ve ortalama oran" adıyla nitelendirmiştir. Fakat bazı bilgiler altın oranın geçmişinin M.Ö. 3000 yılına kadar uzandığını kanıtlamaktadır. Yunan dünyasında da Pisagor ve Pisagorcular tarafından da bulunduğu varsayılmaktadır (Bergil, 1993).

Orta Çağdaki düşünürler ve sanatçılar insan yapısının düzeninde dikkat ederek, bitkilerin varlıklarının gelişmesinde düzeni sezinleyerek kendi içinde bir düzenin olduğunu fark etmeleriyle başlamıştır. Sanatçılar bu üstün bir sistemin varlığının kanıtlamaya ve evrenin belli bir ölçüyle ve düzenli oluştuğuna inanan 15. y.y.'da yaşayan bilgin Pacionelli'nin ilahi oran yapıtıyla ve orantısız hiçbir sanat eseri yoktur sözleriyle tanımlanmıştır. Bu ölçüyü araştırarak uygulamaya başlamıştır. Plastik sanatlarda sanatçılar tarafından mimari, heykel ve resimde kullanılan 1,618 değeri (Altın Oran), canlı varlıkların düzenli gelişmelerinin zaman ve uzunluk farklarının birbirine orantılandırılmalarıyla bulunmuştur. Sanatçıların tüm eserlerinde dikkat ettikleri ve etkin bir biçimde kullandıkları ölçü birimi olarak karşımıza çıkar (Çağlarca, 1997).

Leonardo da Vinci "Ey değerler arayan adam, doğa'nın meydana getirdiği biçimleri oldukları gibi tanımak, kabullenmekle yetinme... kendi halinde beliren biçimlerin kökünü araştır." sözleriyle doğadaki tüm canlıların biçimlerini, örgülerini ve büyüdükçe şekillenen biçimlerini araştırmaya başlayarak içinde bulundukları uyumu, düzeni keşfetmeye çalışmıştır.

Sanat eserlerde bir oran veya düzenin kompozisyonlarındaki nesnelerin oluşturulmasında çok büyük bir rol oynar. Bunu ünlü düşünürlerden Dante şu sözleriyle ortaya koyar; Doğa tanrının bir eseri, sanattır. Altın oran konusunda

Leonardo da Vinci, Dürer gibi birçok sanatçı insan vücudu ve yüz kesitleri arasındaki farkı inceleyerek ve orantılayarak altın oran biçimlerini çizerek tanımlamıştır (Çağlarca, 1997).

Sanatçılar doğayı keşfedip, inceledikçe oldukça bu oranın temel olduğu fark edip çalışmalarını bu yönde araştırmalarını devam etmişlerdir. Bu yüzden eserlerini oluştururken altın oran dikkat ettikleri en önemli detaylardan biri olmuştur ve kompozisyonlarını ve kurgularını bu yönde oluşturmuşlardır.

2.1.3. Sanat Tarihi Sürecinde Sanat ve Matematik İlgisinin Belirlenmesi

Matematik temelde hayatımızda her alana etki eden bir bilim alanı olmakla birlikte sanatla oldukça önemli ortak yanları vardır. Doğayı ve evreni anlamaya çalışan insanoğlu bunu sadece matematikle oluşturmuştur. Sanatçı ise doğayı ve evreni gözlemleyerek ve matematikten yararlanarak kendi imgelerini, duygu ve düşüncelerini açığa çıkarmaktadır. Matematik tek başına sayıların bilimi iken sanat ise görsel yapıların bilimi olarak görülmektedir. Sanat eserinde oluşturulmak istenen kurgu, düzen ve denge gibi kavramlar matematik biliminden yardım alarak ve belli başlı kurallara uyularak oluşturulduğunda eserin göze daha hoş geldiği görülmektedir. Estetik bakımdan ise eserin niteliğini arttırmaktadır. Temelde matematiği ve sanatı farklı alanlar gibi görmektedir fakat bu durum hiç olmadığı kadar yanlıştır. Birbirine sıkı bir bağlı olan bu alanlar birbirini destekleyerek tamamlamaktadır.

Doğayı modelleme, tanımlama, anlama çabasında gelişen geometri kavramı, Roma ve Yunan mimarisinden beri, görsel sanatların çalışmalarındaki problemleri çözmek için katkıda bulunmuştur. Vitruvius'tan, Dürer'e da Vinci'ye, Escher'e kadar eserlerini geometri ile şekillendirmiştir. Altın dikdörtgen, perspektif, Öklid geometrisi, tipografi, düzenin, harmoninin ve dengenin oluşumu görülür (Alptekin, H. ve Güney, T. 1994).

Vincent Van Gogh'un objelerinin etrafına işlediği enerji dolu renk ve hareketi betimlemesi, yoğun girdapları, Escher'in birim tekrarıyla oluşan geometrik formları, Jackson Pollock'un damlalı, karışık soyutlamaları, Paris Opera Binası'nın ayrıntı dolu Barok tasarımı, Gotik katedrallerin değişik ölçeklerde tekrarlanan kemerleri, bunlar fraktal geometri ve kaos teorileri ortaya çıkmadan önce göze çarpan kaotik

formları oluşturmaktadır. 20. Yüzyıl sonuna doğru, sanat kendini referans alan, kendini yeniden üreten bir oluşuma doğru gidiyor (Alptekin, H. ve Güney, T. 1994).

Sanatçılar gözlemlerini eserlerine aktarırken her zaman matematikten yararlanarak oluşturmuşlardır. Altın Oran gibi bir matematik kavramını görsel hale dönüştürerek eserlerini estetik hale getirmektedirler. Buna en büyük örnek Leonardo da Vinci'nin eserlerinde matematik ve sanat ilişkisini görmekteyiz. Da Vinci matematik biliminden yararlanarak eserlerini üretmiştir.

2.2. ÇAĞDAŞ SANAT VE FRAKTAL GEOMETRİ

Sanatçılar genellikle eserlerini oluşturmada matematik ve geometriden yararlanarak en doğruyu bulma çabasında olmuşlardır. Geçmişten günümüze tüm sanatçılar matematik ve geometri temel prensipleri arasında yer almıştır. Buna en iyi örneklerden birisi de Pablo Picasso'dur. Sanatçı eserlerini geometrik biçimde çözümleyen ve kübizm akımını başlatmıştır. Picasso resimlerinde oluşturduğu figürleri geometrik yapılara dönüştürerek eserlerinde kullandığı görülmektedir.

Sanatçı geçmişten günümüze her alanda insanları geliştirmeyi amaçlar, topluma ayna tutan ve toplumla sanat aracılığıyla diyalog kuran kişidir. İster tanrıya yaklaşmak için isterse egemen olmak veya meydan okumak için olsun, sanatçının amacı her zaman hayatının içeriğini kalıcı bir evrene dönüştürebilmek olmuştur. Sanatçı sanatsal etkinliğini oluştururken doğayı duygularının süzgecinden geçirir, değiştirir ve böylece onu yeni bir varlık biçimine dönüştürür. Oluşturduğu bu evrende sanatçı görsel veya anlamsal tüm göndermelerini doğa üzerinden gerçekleştirir. Ancak sanat yapıtında doğadaki biçimlerden değil, onların aralarındaki ilişkiler önemlidir. Böylece doğanın sonsuz sayıdaki ilişkilerinin aktarıldığı sanat yapıtı, doğanın yanında ona eşdeğerli olarak bulunan ama doğadan bağımsız bir organizma olarak var olan bir evrendir (Worringer, 1995: 11 akt. Oğuz, 2013).

Sanatsal etkinlikler tüm diğer insan etkinlikleri gibi çağlara ve toplumsal içeriklere göre evrilir. İnsanların doğaya bakışındaki ayrılıklar, dönemin egemen sanat anlayışının doğayı algılayışındaki ayrılıklara denk gelmektedir. Bu çerçevede sanatçının doğaya bakışı ve ondan aldıkları da değişikliğe uğramaktadır. Sanat icra eden insan olarak sanatçı ile bu insanın elinde bir malzeme niteliği taşıyan doğa arasındaki ilişkide en temel varsayım sanatçının gözleriyle gördüğü dış dünyayı temsil ettiğidir. Bu dış dünya genel olarak doğa kavramına karşılık gelir. Eğer ki sanatçının yegâne hedefi bu dış dünya ya da diğer bir deyişle doğa ile kurduğu öznel ilişki ise o zaman farklı tarihsel dönemlerde yaşamış her bir sanatçının çalışmalarında farklı doğa tasarımları olduğunu söyleyebiliriz (Oğuz, 2013: 20).

Sanat yapıtlarında matematikten yararlanıldığı gibi fraktal yapıları da yaygın bir şekilde görülmektedir. Sanat eserlerinde birim artı sistem, hiyerarşi, kendine benzerlik, örüntüler gibi tasarım ilkelerini sıklıkla görülmektedir. Geçmişten

günümüze fraktal örüntülerin doğada izlenimlerini aktaran sanatçılar bu yapılardan yararlanmışlardır. Doğanın bir sistematiği olduğunu keşfeden Leonardo Da Vinci temelde doğadan esinlendiği sanat eseri veya mühendislik yapıtlarıyla doğayı iyi bir şekilde incelediği ve çalışmalarında her zaman doğayı inceleyerek oluşturmuştur. Bu sayede sanatçı özgün bir biçimde yapıtı oluşturmayı başarabilmiştir. Sanatçının doğada birçok hayvan ve bitkiyi incelediği eskizlerindeki tasarımlardan da görmekteyiz. Leonardo da Vinci eskizlerinde insan vücudunun ve hayvanların altın orana sahip olduğunu gözlemlemiş ve çizimlerini yaparken geometriden ve fraktal örüntülerden yararlanarak temelde yapıların oluşum biçimlerini çözmeye çalışmıştır.

2.2.1. Escher'in Eserlerinde Fraktal Geometri

19. y.y.'da endüstriyel gelişmeler ve toplumsal sınıfların oluşması, sanat anlayışında da köklü değişikliklerin olacağını göstermiştir. Romantizm anlayışına karşı oluşan realizm akımında, olayları ve süreçleri somutlaştırarak sanat yapıtlarının gerçeği yansıtması amaçlanmıştır. Bu gerçek arayışı, o dönemdeki sanat anlayışının yapısal bir değişikliğe ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bu dönemde çalışmalarını oluşturan Hollanda doğumlu ünlü sanatçı Maurits Cornelis Escher, gerçek arayışını bir adım öteye taşıyarak eserlerinde, simetri, boyutlar ve boyutlar arası geçişlerde sonsuzluk kavramını kullanarak eserlerini oluşturmuştur.

Escher çalışmalarında, doğayı derinlemesine inceleyerek, bir çemberin sınırları içinde sonsuz bir şekilde azalan ve tekrarlayan şekilleri sınırlı bir alanda sonsuzluğu yakalamak için kullanmıştır (Schattschneider, 2010; Haak, 1976).

Sanatçı İspanya'da Elhamra Sarayı'nı incelemiş ve karmaşık süslemeleri ve soyut biçimleri ve yüzey tasarımları sanatçıya ilham kaynağı olmuştur. Escher hayatı boyunca İtalya, Korsika ve Sicilya'nın engebeli alanlarına gidip fraktal yüzeyleri inceleyerek izlenimlerini çizmiştir. Bu sürede baskılarını ve çizimlerini bu yönde oluşturmaya devam ederek eserlerini sergilemiştir (Haak, 1976).

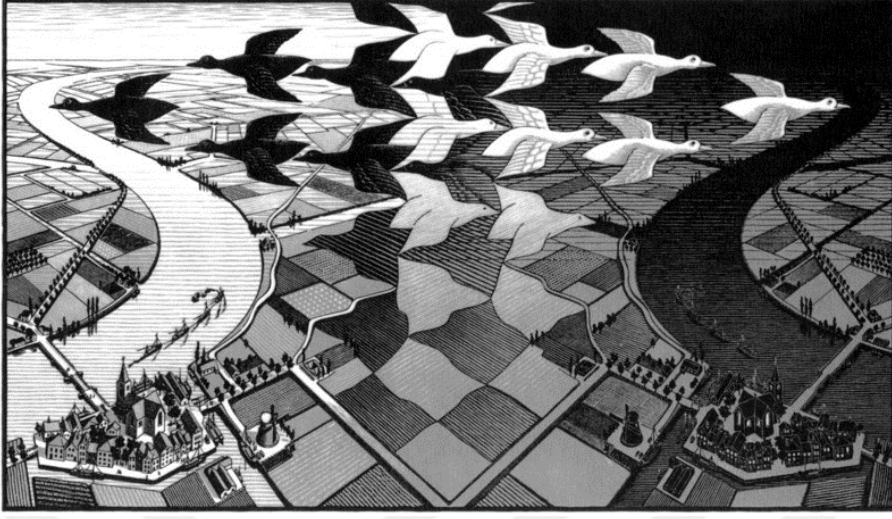
Şekil 21. Maurits Cornelis Escher, Reptiles, 1943, 33,4x38,5 cm



Kaynak: mcescher.com, b.t.

Maurits Cornelis Escher, eserlerinde yansımalara, sonsuzluğa, paradoks ve metamorfozlara yer vermiştir. Eserlerinde içiçe geçmiş örüntülerle oluşturur. Sonsuzluk kavramını sorgulayarak yüzeyleri düzenli bölerek kendine benzerlik, altın oran gibi kavramlardan yararlanır. Bunu yaparken de kullandığı öğeleri belli ölçekte küçülterek (benzerini oluşturarak) bir düzen kurgusunda tekrarlamıştır. Escher'in, "Day and Night" isimli çalışmasındaki gibi, Öklid geometrisinin kesin boyut anlayışının dışında başkalaşım yaşayan ara formlarına kesirli boyut olarak bakmak, oluşturduğu sonsuzluk algısında kendini tekrar eden düzeni kaos ile ilişkilendirebiliriz ve çalışmalarında fraktal yapıları yaygın bir biçimde kullanmaktadır.

Şekil 22. Maurits Cornelis Escher, Day and Night, 1938, 67.7x39.1 cm, Cornelius Van S. Roosevelt Collection



Kaynak: mcescher.com, b.t.

2.2.2. Sol Le Witt'in Eserlerinde Fraktal Geometri

Sol LeWitt, 1960'lı yıllarda tanınmaya başlamış en derinlikli sanatçılardan biri olarak nitelenir. Birçok alanda eser üreten LeWitt, sanatı en temel şekil ve renklerle indirgeyerek oluşturmayı seçmiş, strüktürlerini ve formlarını oluşturmuştur. Minimalizm kavramını temel almış olan sanatçı sanatı yeniden tanımlamaya çalışmış; sadeliğin önemine vurgu yaparak eserlerini bu yalınlığa bağlı kalarak oluşturmuştur.

Şekil 23. Sol Lewitt Atölyesinde Bir Röportajında



Kaynak: artsy.net, b.t.

Minimalizm kavramının öncülerinden olan sanatçı sanatın yalın, sade, kolay anlaşılabilir olması gerektiğini vurgulamıştır. Eserlerinde geometriyi kullanmış birçok eserinde ise birim artı sistem yapılarını yakalamıştır. Eserlerini belli başlıca renkleri kullanarak kurgulamıştır. Daha çok geometrik eserlerine yer verilse de organik yapılarda da ve iki kavramı birlikte kullanmayı tercih ederek eserler oluşturmuştur.

Şekil 24. Sol Lewitt, Whirls And Twirls, 2004

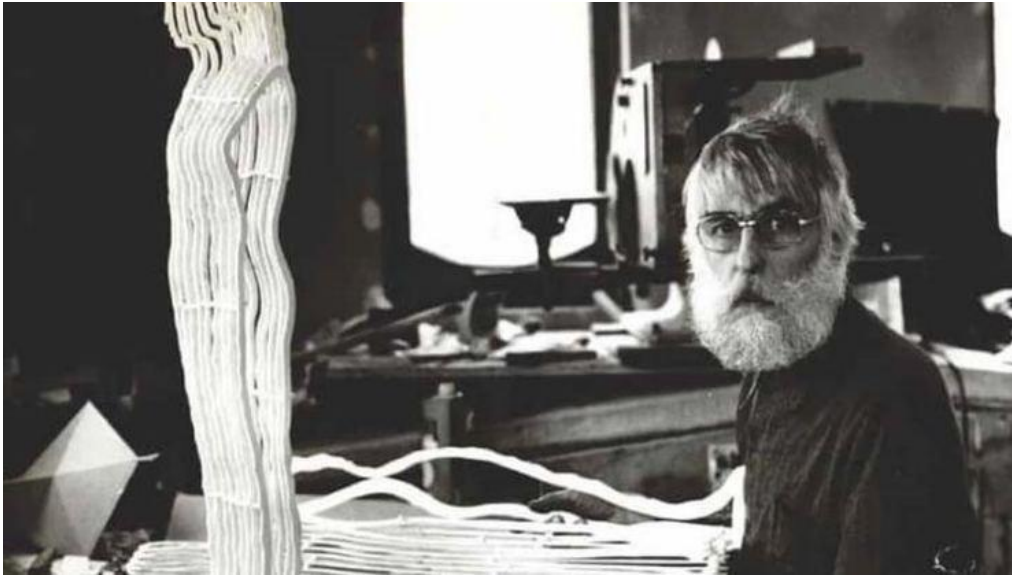


Kaynak: courant.com, b.t.

2.2.3. İlhan Koman'ın Eserlerinde Fraktal Geometri

İlhan Koman 1921'de Edirne'de doğmuş ve kendi adına müzeler kurulan dünyaca ünlü heykeltıraşlardan birisidir. Eğitimini İstanbul'da ve Fransa'da alarak geniş bir bilgi birikimine sahip olmuştur. Bir süre İstanbul Güzel Sanatlar Akademisi'nde öğretim üyeliği yaptıktan sonra İsveç'e yerleşerek çalışmalarına devam etmiştir. Çalışmalarını geniş alanlarda çalışarak birçok uzmanlaşmış olup Türkiye'nin Leonardo da Vinci'si olarak görülmüştür. Eserlerinde matematik, fizik, geometri, enstalasyon ve estetiği harmanlamıştır. Bu bakımdan eserleri önemlidir.

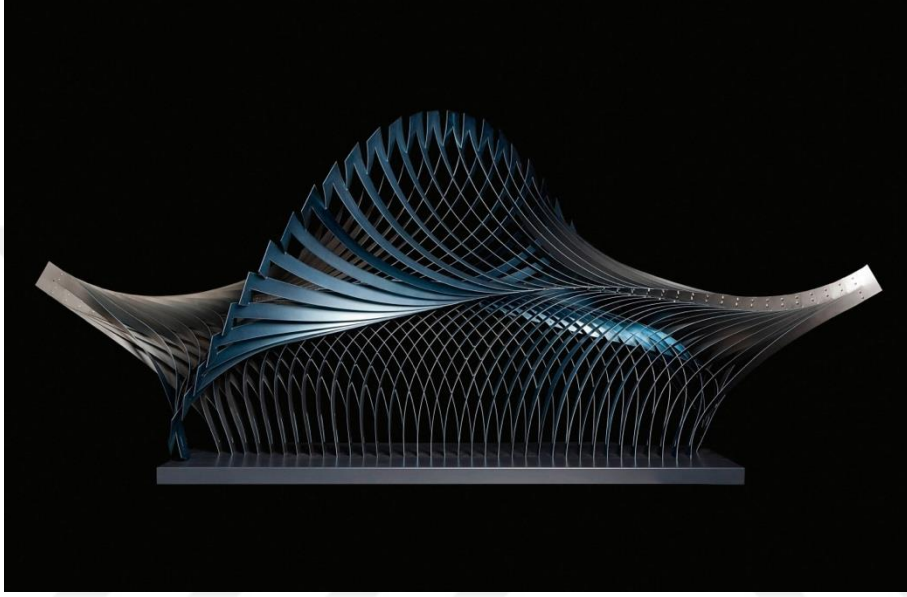
Şekil 25. İlhan Koman Atölyesinde



Kaynak: 724kultursanat.com, b.t.

İlhan Koman eserlerinde geometrik yapıları kullanmış ve iç içe geçmiş birim artı sistemlerini ilke edinerek oluşturmuştur. Koman kendini malzeme olarak kısıtlamamış, birçok malzemeyi eserlerini oluştururken kullanmıştır. Konstrüktif akımının etkileri eserlerinde görülmektedir. Sonsuzluk ve fraktal kavramlarıyla iç içe olan koman eserlerinde bu olgulara yer vermiştir.

Şekil 26. İlhan Koman, To Infinity, 1986, Metal Strüktür



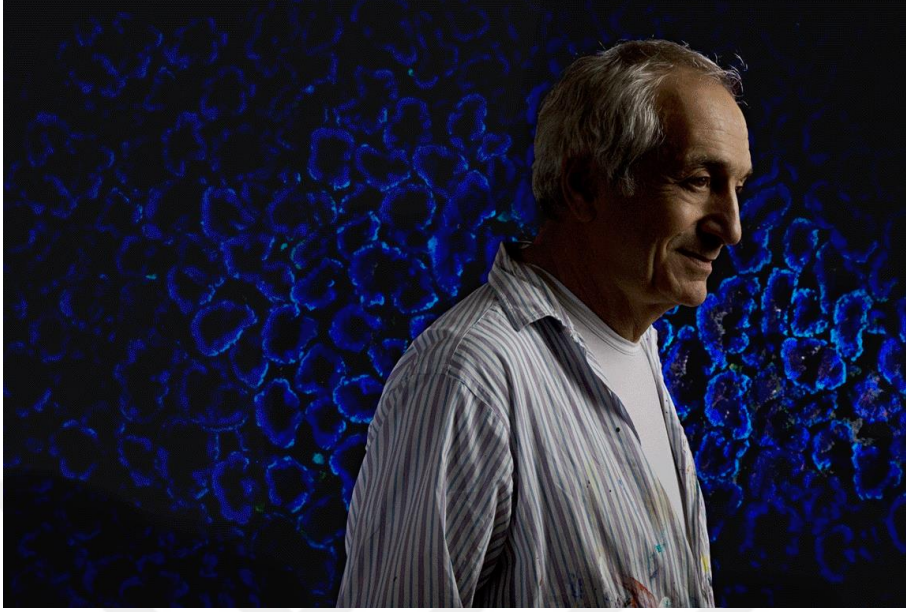
Kaynak: leblebitozu.com, b.t.

Sonsuzluk eksi bir adlı serideki eserlerinde organik ve dinamik bir yapıyla karşılaşırız. Eserde birim artı sistemini ustaca kullanılmıştır. Bu birim tekrarlarının eserde belli bir derinlik katarak eserde perspektif oluşturulmuştur. Bu eserde fraktal yapılarda görülen kendine benzerlik kuramından yararlanmıştır. Sanatçı geometriden ustaca yararlanarak eserini oluşturduğu görülmektedir.

2.2.4. Nabil Nahas'ın Eserlerinde Fraktal Geometri

Nabil Nahas 1949'da Beyrut'ta doğdu ve hayatının ilk 10 yılında Kahire'de yaşadı. 1971'de Louisiana Eyalet Üniversitesi'nde ve 1973'te Yale Üniversitesi'nde eğitimlerini tamamladı. Eğitiminde soyut sanat üzerine yoğunlaşmış ve İslam sanatında olan geometrik yapıları harmanlamıştır.

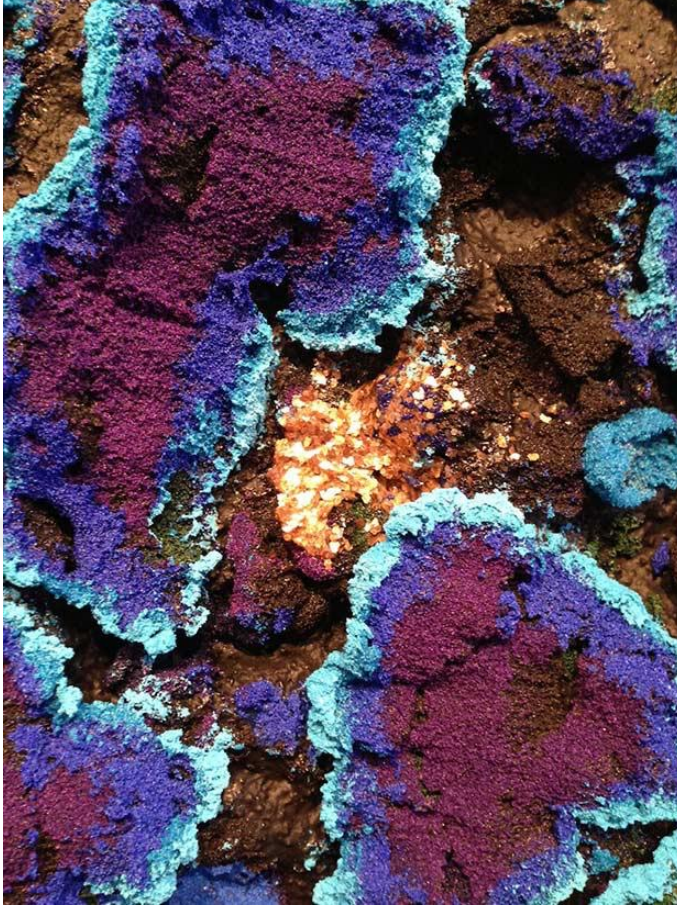
Şekil 27. Nabil Nahas'ın Portresi ve Arkasında Mashallah Adlı Eseri, 2013, Seramik Elle Şekillendirme



Kaynak: widewalls.ch, b.t.

Nabil Nahas Lübnan'ın en tanınmış yaşayan ressamlarından. Orta doğudaki çağdaş sanattan önce, New York'ta sanat çevrelerinde renk, doku ve soyut resim konularında uzmanlaşmış ve olarak kendini göstermiştir. Her ne kadar Batı soyut resminde derinlemesine öğrenim görse de Nahas, çalışmalarını özellikle soyut geometrik niteliklere sahip olmasını, çok çeşitli doğadan ve deniz yaşamının eşsiz doku, renk gibi disiplinlerden almıştır. Çalışmalarındaki bir diğer ilham aldığı konuların başında gelen ve hatta en önemlisi İslam sanatıdır. İslam sanatında geometrik formlardan esinlendiği eserlerinde görülmektedir. Fraktal yapıları kendine benzerlik kuramına yakınlık göstermesi nedeniyle fraktal yapıları içinde barındırmaktadır. Bu yapılar deniz yaşamındaki mercan yapılarına benzerlik göstermektedir.

Şekil 28. Mashallah Adlı Eserinden Detay, 2013, Seramik Elle Şekillendirme



Kaynak: islamicartsmagazine.com, b.t.

Eserlerinde çeşitli malzemeler kullanarak katman oluşturan yüzeyler oluşturmuş ve bu yüzeyler boyut kazandırmıştır. Birçok serisinin en çok bilinenleri arasında, kalın renklerle kaplı denizyıldızı, fraktal tabloları, ponza ile karıştırılmış akrilik boya tabakası, canlı renklerle kaplanmış katmanları ve sedirlerin etkileyici portreleri olan manzaraları yer alır.

2.3. ÇAĞDAŞ SERAMİK SANATINDAN ÖRNEK YAPIT ÇÖZÜMLEMELERİ

Fraktal yapıların modern sanat kapsamında da kullanıldığı ve sanatçılar eserlerini doğadan ilham aldıkları modern sanatın örnekleri mevcuttur. Bu sanat akımlarında seramik eserlerinde de görmekteyiz. Bu eserlerde doğadan ilham alındığı açıkça belli olmaktadır. Sanatçıların yapıtlarını oluşturdukları önem verdiği ilkelerin fraktal yapılarda oluştuğunu görmekteyiz. Bu bağlamda seramik sanatında gördüğümüz birkaç eserin incelemelerinde fraktal yapıları inceleyeceğiz.

Şekil 29. Alexandra Engelfriet, 2007, Seramik Elle Şekillendirme

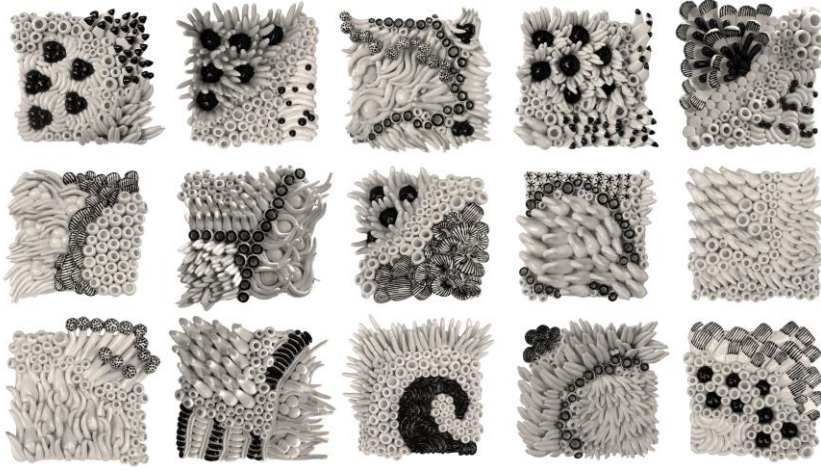


Kaynak: pulsceramic.com, b.t.

Alexandra Engelfriet, birçok malzemeyle çalışmış, şekillendirilebilen yapılarda çalışmalar üretmiştir. Durağan formlarına hareket vermeyi amaçlamaktadır. Formları doku ve yüzeysel yapılarla zenginleştirmektedir. Eserlerinde toprak renkleri kullanmış, sır gibi yüzey yapıları kullanılmamıştır.

Sanatçı seramik eserlerini oluştururken klasik form yapılarından oluşturarak başlamaktadır. Bu formlar çanak, çömlek ve vazo gibi yapılardan oluşmaktadır. Bu formların üzerine yatay veya dikey katmanlar ekleyerek oluşturmaktadır. Bu yapılar fraktal örüntülerin özelliklerinden olan kendine benzerlik ilkesiyle oluşturularak formdaki hareketi yakalamaktadır. Formda yüzeyde birbirinin tekrarı yapılarla birlikte kendine özgü dokusu sağlanır. Formda durağan yapıyı çizgisel yapılar ekleyerek formlarını olağanın dışına çıkartıp hareket kazandırmayı amaçlamaktadır. Durağan formun içten dışarıya hareketini yansıtmaktadır. Bu sayede eserler akışkan bir yapıya sahip olmaktadır. Sanatçının eserlerindeki yapılar deniz yaşamındaki mercan yapılarında ve mantar yapıların iç kısmında da benzer şekilde görülmektedir.

Şekil 30. Regina Farrell, Clay Canvas Panels, 2017, Seramik Karışık Teknik



Kaynak: reginafarrell.com, b.t.

Regina Farrell seramik eserlerini oluştururken çevredeki ve içindeki doğal elementler arasında, organik yapıyla bir araya getirilmesine dikkat etmektedir. Çevresindeki yapılar doğal oluşumlarından ilham alarak ve doğa yürüyüşlerindeki doğal yapılarda detaylar yakalayan sanatçı çalışmalarını bu yönde oluşturmaktadır.

Doğada bulunan dokulardan esinlenerek hazırlanan işte birim tekrarları ve fraktal örgüler bulunmaktadır. Regina Farrell eserlerinde organik etkileri kullanmayı ve bu organik yapıları bir oyun olarak görüp bununla ilgili çalışmaları yapmaktadır. Çalışmalarında organik yapılardan ilham alarak özellikle deniz yaşamındaki birimleri kullanarak kendi hayal gücüyle harmanladıktan sonra oluşturduğu iki boyutlu veya üç boyutlu yüzeyler elde etmektedir. Bu eserlerde tasarım dilinin birim tekrarı gibi ölçütleri barındırması sayesinde fraktal sanat eserleri içinde ele alabiliriz.

Şekil 31. Elizabeth Shriver, Coral Bouquet, (2017), Seramik Elle Şekillendirme



Kaynak: elizabethshriverceramics.com, b.t.

Bu çalışmasında mercan yapılarından esinlenen Elizabeth Shriver, seramik malzemesiyle oluşturduğu çalışmalarında fraktal örüntülerini betimlemiştir. Shriver, çalışmalarında doğal yapılardan esinlenerek oluşturmaktadır. Bu sayede zengin doku ve şekil çeşitliliği kazandırmıştır. Çalışmalarına mercan gibi doğal deniz yapılarından esinlendiği görülmektedir. Bu sayede çalışmalarında estetik bir yüzey yapısı elde etmektedir. Shriver bu çalışmasında (Şekil 31) birim tekrarı, ritim, hiyerarşi gibi tasarım ilkelerine önem vermiştir.

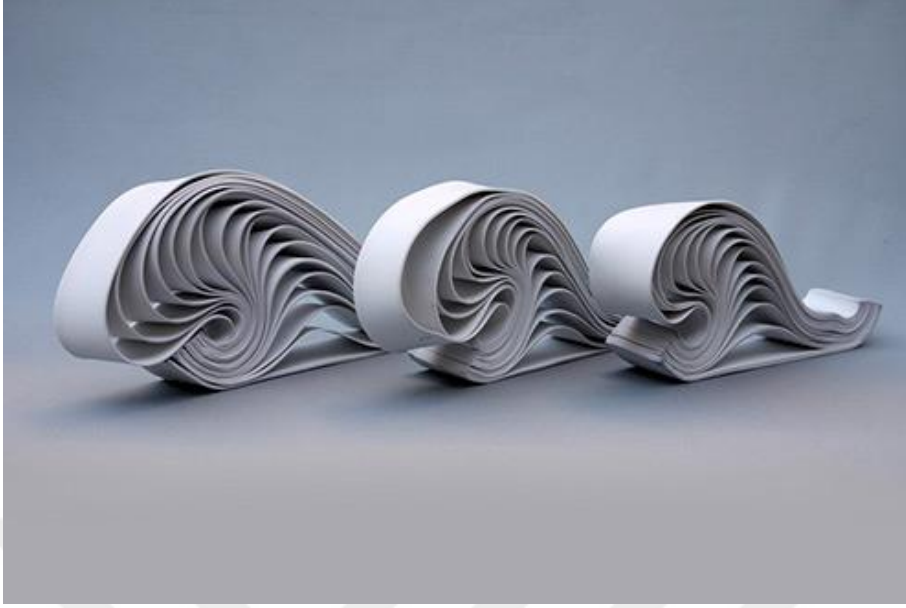
Şekil 32. Nuala O'Donovan, Fractal Form, 2017, Porselen Elle Şekillendirme



Kaynak: thisiscolossal.com, b.t.

Nuala O'Donovan çalışmalarında porselen kilini kullanmaktadır. Bu sayede detaylı çalışma imkanı sağlamaktadır. Çalışmalarında birim tekrarlarıyla ritim oluşturan sanatçı birimlerin doğal dokulardan yararlanmaktadır. O'Donovan doku ve birim tekrarlarını kullanarak oluşturduğu formlarında deniz canlılarındaki yapılardan esinlendiği görülmektedir. Çalışmalarında birimlerin tekrarları sayesinde esere hacim katmıştır. Bu çalışmada ritim, hiyerarşi, örüntü gibi temel tasarım ilkelerinin kullanıldığını görülmektedir.

Şekil 33. Nathalie Jover, 2017, Karışık Teknik



Kaynak: laetitia-bischoff.fr, b.t.

Nathalie Jover, çalışmalarında porselen kilini kullanması sayesinde ince çalışabilmekte ve bu sayede birim artı sistem mantığını kullanarak çizgisel yüzey elde etmektedir. Çalışmalarda doğal dokulardan oluşan yapılardan esinlendiğini görülmektedir. Fraktal örüntülere sahip bu çalışmada ince yüzeylerin doku oluşturarak birim tekrarlarının ritim oluşturduğu görülmektedir. Bu sayede Jover, çalışmalarında estetik yapılar elde etmektedir. Çalışmanın iç kısımlarında ince yüzeylerin birim tekrarları sayesinde boşluk ve doluluk oluşturduğunu görmekteyiz. Bu sayede birim artı sistem yapısı eserde yüzeysel hacim sağlanmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA SERAMİĞİN ŞEKİLLENDİRİLMESİ VE FRAKTAL BOYUT

1. GÜNÜMÜZDE TASARIMIN TEKNOLOJİDEKİ YERİ

Teknoloji, günlük hayatımızda hayatın her alanına girmektedir. Günlük hayatta kullandığımız ürünler son yıllarda değişerek, teknolojinin her alana girmiştir. Bu süreç teknolojinin getirisi olarak görülebilir. Teknolojinin gelişimi arttıkça ürünler küçülmüş, taşınması kolay hale gelmiş ve her alanda kullanımı arttırmıştır. Teknolojik gelişmeler ürünleri öznelletirerek tasarımı önemli hale getirmiş; günümüzde önem verilen konulardan biri olmuştur. Bunlara örnek telefon veya bilgisayar gibi teknolojik ürünler olmadan bir hayat düşünülemediği gibi, günümüzde teknolojiyle birlikte birçok alanda değişim ve gelişim olduğunu görmekteyiz. Teknoloji hayatımızda yer edindikçe tasarım olgusunun önem kazanmaya başladığını görmekteyiz. Günümüzde teknolojinin getirdiği avantajlarla birlikte üretim olgusunu ve gelişimini yakından takip ederek evrensel olmanın gereklerini yerine getirmek gerektiğini görmekteyiz. Üretimi ele aldığımızda bu çağda özgün olmanın önemi gibi, tasarımla geliştirebilir olduğunu ve çağın kazanımlarını anlayarak tasarım olgusu dahil tüm yaşantımızı değiştirdiğimizi görmekteyiz.

Dijital teknolojilerin gelişim göstermeye başlamasıyla kendini değiştiren ve geliştiren birçok disiplinden bahsedebiliriz. Geleneksel yönlerini teknolojik değişimlere adapte eden disiplinlerden biri de tasarım olmuştur. Dijital teknolojilerin en önemli birimlerinden biri olan bilgisayarın gelişimini devam ettirmesi sayesinde sanat, tasarım ve iletişim gibi birçok alanda yeni üretim biçimlerinin oluşmasını sağlamış ve bu sayede gelecekte yaşanacak değişimlerin önü açılmıştır.

Teknolojiyi sanat eseri veya ürün üretmek için etkin bir araç haline getiren tasarımcı ve sanatçılar, bu süreçte eğitimlerini ve deneyimlerini arttırdıkça, teknolojinin olanaklarındaki gelişmelere önem vererek eserlerini üretmeye başlamışlardır. Dijital teknolojilerin gelişimini hızlandırmasıyla beraber tasarımcı ve sanatçılar, yeni üretim biçimlerin olanaklarını kullanarak eserlerini dijital ortam araçlarıyla hazırlamaktadırlar. Bu süreç sayesinde tasarımcı ve sanatçılar eserlerini verimli bir şekilde oluşturmaya başlamışlardır. Teknoloji öncesinde üretim el ile oluşturulan ve oldukça zahmetli, yavaş üretilen sanat eserleri, dijital ortamın sunduğu faydaları sayesinde çok daha kolay, hızlı, tasarlanabilir bir hale gelmiştir. Günümüzde değişen ve gelişen teknolojilerin üretim bandını değiştirerek, üretim hızını arttırarak ve üretimi geliştirilen yapısı sayesinde insanların bu teknolojiye olan talep ve yönelimlerini perçinlemiştir. Güçlenen ve eskisinden daha verimli bir hale gelen iletişimle birlikte insanlar, bilgisayar teknolojisinin katkılarını daha fazla tecrübe edebilmiş ve elde edilen tecrübeler de kendini yenileyen gelişmelere açık hale getirmiştir (Karaçeper, 2018).

Bu gelişen teknolojilerin dijitalleşmesi ve internet ile gelen kolaylıkları sayesinde hızlı adapte olmamıza ve üretkenliğimize katkı sağlayarak pozitif bir gelişme olarak gösterebiliriz. Dijital olanaklar ve bilgisayar teknolojisiyle birleşen internet sayesinde fiziksel zorluklar hızlı bir şekilde aşılmıştır. Dijital teknolojilerin içinde bulunduğu imkanların beraberinde getirdiği, internet ve ağ teknolojisi, dijital ortamda tasarlanan eserlerin oluşturulması, sunulması gibi imkanları tanıyarak sanatta yeni bir alan yaratmıştır. Bu yeni alanla sanatçıların kendilerini ifade edebilmeleri ve hızlı bir şekilde kendilerini geliştirmelerini sağlamıştır. Bu gelişmeler elbette bu ortamda yeni sanat dallarının oluşmasını sağlamıştır (Karaçeper, 2018).

Dijital ortamdaki sanat anlayışı insanları birbirlerinden hızlı bir şekilde haber almalarını sağlayarak dijital sosyal alanlar oluşturmuş ve bu alanda insanların sanat üretimi ve geliştirmesinde kolaylık sağlanmıştır. Sanat dijital her alanda öğrenilebilir veya deneyimlenebilir bir hale gelmiştir. Bu sayede insanların daha fazla bilgi veya esere ulaşabilmesi sayesinde araştırmacı/sanatçıya muazzam bir kaynak kazandırmıştır. Sürekli gelişen dijital dünya ve bilgisayar teknolojileri, sanatı ve tasarımı geliştirerek, onun ileriye taşınmasını sağlamıştır. Bu sayede çeşitli ve farklı

kültürlerin ve etkileşimlerin olduğu farklı bir sanat anlayışına evrilmektedir. Bu yapı sayesinde farklı yeteneklere sahip olan sanatçıların ortaya çıkmasına imkân tanımıştır. Dijital dünya özgün eserler üretilmesi ve bu eserlerin paylaşılması sayesinde sanatçıların eserlerine hızlı geri dönüş sağlanmasına olanak tanımıştır.

Dijital gelişmelerin hızlıca hayatımıza girmesiyle sanat anlayışının değişimini yeni alanlar yani yeni platformlar kurularak ve bu platformlarda sanatçıların eserlerinin birçok kişiye ulaşmasına olanak sağlamıştır. Bu eserler temelde tüm sanatı değiştirmiştir. Eserlerin dijital olanakları öngören sanatçılar ve geleneksel yöntemleri benimsemiş sanatçılar da muhakkak çağın gerekliliklerini hissetmiş, bilgisayar teknolojisinden yararlanması gerektiğini düşünerek ve bu yeni teknolojileri hayal ettikleri eserleri iletişim, illüstrasyon, animasyon, jenerik ve video oyunları gibi sayısı birçok alan oluşturmuştur. Bu sayede tasarım ve üretiminde yetkin ve özgünlüklerini bu platformlarda da ortaya koymuşlardır.

Günümüzde dijital teknolojilerin hepsi tasarım ve sanat alanlarında kullanılmakta ve etkinlikleri artmaktadır. Bunun nedeni çok hızlı değişen sanat anlayışı ve yapısına sahip olduğumuz gibi eserlerin nitelikleri ve temelde barındırdıkları kavramlarında değişmekte olduğu görülmektedir. Sanatın teknolojiye, dijital alanlara ise etkisinin artması ve bu etkileşimlerin hızlı ilerlemesi sayesinde teknolojiyi baştan aşağı değiştiren tasarım ve sanat anlayışı ortaya konmuştur. Bu etkileşimler sayesinde sanat ve teknoloji iç içe geçtiğini ve bu süreç birbirini destekleyerek gelişmekte olduğu görülmektedir. Bu etkileşim sayesinde sanat ve tasarımın hayatımıza her alanda yer edinmesini sağlamıştır. Gelişen teknolojinin üretim biçimlerini geliştirerek, değiştirdiğini görülmektedir. Bu konuya örnek olarak üç boyutlu yazıcılarıdır. Üç boyutlu yazıcıların yaygın kullanımının artması her alandan insanın üretim yapabileceği bir ortam hazırlamıştır.

Gelecekte ise bu teknolojilerle birlikte, üç boyutlu yazıcıların sanat ve tasarım anlayışının etkileşimde olabileceğini öngörülebilmektedir. Bu bağlamda değişen teknolojiler sanat üretiminde etkin bir rol alacaktır. Bilgisayar teknolojileri geliştikçe ise sadece bilgisayar yerine telefon, tablet gibi teknolojilerin hayatımızda üretimde ve kullanımda yer edineceğini görebilmekteyiz. Dünyanın geleceğinde bireyselleşmeye giden bir yapıda olduğu görülmektedir. Bu durumda da tüketiciyi

hedef alan firmaların özelleştirilebilir opsiyonlar sunarak tüketiciyi cezbetmeye çalışmaktadır. Bireyselleşen dünyada yazıcıların tüketiciyi veya üreticiyi tasarımın bilgisayar ortamında gerçek bir objeye taşımasını kolaylaştıran ve üretim maliyetlerini en aza indiren bu üç boyutlu yazıcıları görülmektedir.

1.1. TASARIM KAVRAMI VE TASARIM İLKELERİ

İnsanlığın tüm hayatın her alanında karşısına çıkan tasarım, tasarımcıyı her anlamda diğer alanlardan faydalanan bir yapıya sahip olması gerektiğini gösteriyor. Tasarım tüm hayatımıza kolaylık sağlamak, estetik görünüm gibi amaçlarıyla her alanında karşımıza çıkmaktadır. Tasarımcı düşlediği ürünü tasarlarken oldukça fazla disiplini göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü tüm disiplinlerden yararlanılması gerekir. Tasarımcı kişisi ise kendini her alanda geliştirip doğru ürünlere ulaşmasını sağlamaya çalışan kişidir. Tasarımcı kendini yenileyen, geliştiren bir yapıya sahip olması tasarımcının en önemli önceliklerinden biri olmalıdır.

Tasarım, bugünün, geleceğin dünyasında giderek önem kazanacak bir kavramdır. Tasarım kavramının gelecekte her alanda karşımıza çıkacak kadar önemli kavramların yanında yer alacaktır. Tasarım olgusu gerçekte insanlığın ürettiği her türlü gereksinime ihtiyaç duyacağı ürünler olarak karşımıza çıkacaktır (Öztürk, N. 2001).

Tasarım temelde her alanda yer alır ve hayati bir öneme sahiptir. İhtiyaçlara göre bu yapıya uygun ve çeşitli olmak zorundadır. Üretim yapılan ürün özgün, ergonomik, kullanışlı gibi nitelikler taşımalıdır. Tasarım ilkelerine uygun olarak tasarlanması ve üretilmesi en önemli unsurlardandır (Yaşar, 2015).

Denge

Tasarım prensibinin en önemli unsurlarından biri dengedir. Denge tasarımı oluşturan temel yapının eşit veya dengeli ve estetik bir biçimde yerleştirilmesidir.

Hiyerarşi

Hiyerarşi temelde insan gözünün gördüklerini algılama biçimidir. Bu biçim ise algı alanı içerisindeki formlar veya renkler arasında bulunan görsel kontrastla oluşturulabilir.

Örüntü

Bir düzen ve yinleme içerisindeki iki ya da üç boyutlu nesnelerin birleşiminden oluşmaktadır. Kavramsal olarak örüntü fraktal kavramıyla bağlantılıdır. Örüntü, tasarım elemanlarının planlı veya rastgele tekrarlar halinde yerleştirilmesiyle, yüzeylerin ya da resimlerin kalitesini artırmak için kullanılır.

Ritim

Elemanların-renklerin, şekillerin, formların, mekanların-boşlukların ve dokuların görsel hareketlerinin tekrarıdır.

Boşluk (Mekân)

Bir sanat çalışmasının içindeki ya da çevresindeki boş alan ya da yüzeydir. Boşluk (Mekân) iki boyutlu ya da üç boyutlu olabileceği gibi, negatif ve/veya pozitifte olabilir.

Proporsiyon (Orantı)

Bir tasarımdaki çeşitli elemanların, göreceli boyut ve ölçeklerine göre kendi aralarında ve parçalarla bütün arasında bulunan oranlarıdır.

Vurgu

Bir tasarımda odak noktası oluşturur. Dikkatleri tasarımın en önemli gördüğümüz kısmına çekmemizi sağlar.

Hareket

Sanatçının, gözü bir kompozisyonun içine, çevresine yada kompozisyona doğru yönlendirmesinin yoludur. Görsel bir imajda hareket, objeler imajın içinde hareket ediyormuş hissiyatı uyandırdığında ortaya çıkar.

Uyum

Bütün bir kompozisyonun ahengi-armonisi demektir. Kompozisyonun parçaları bütüncül bir görsel tema gibi çalışır.

Kontrast

Tasarımdaki farklı elemanların farklılıklarının vurgulanmasını sağlayan veya bu elemanlarının aralarında denge oluşturan kombinasyonlardır (Yaşar, 2015).

1.2. FRAKTAL TASARIM VE GEOMETRİ

Fraktal tasarım genel anlamda mimari alan tasarımlarında görünse de tasarım yapılan her ürünün boyutları ve yapısıyla ilgili tüm çalışmalarda etkisini görmek mümkündür. Temel tasarım ilkelerinin içinde barındırmaktadır. Fraktal tasarım öğeleri ritim, hiyerarşi veya örüntüleri sistematik-sistematik olmayan gibi oldukça fazla alanda kullanılan öğelere sahiptir. Tasarımın temelindeki en önemli ölçülerden biri olan altın oran gibi kurallar fraktal yapıya sahiptir. Bu sayede tasarımda kullanılan temel tasarım ilkelerinde fraktal yapıyı görmek mümkündür. Fraktal yapıların ve geometriden yararlanımı tasarım alanında oldukça yaygın olmakla birlikte, örüntünün birim artı sistem yapısını geometri kullanarak oluşturulabilmektedir.

1.3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜÇ BOYUTLU TASARIM

Bilgisayar tasarım yapılan ürün veya eserin sürecinde her aşamasında kullanılmaktadır. Bu tasarlama sürecinin her aşamasında aktif olarak yer alan bilgisayar vazgeçilmez bir hale gelmiştir. Bilgisayar destekli üç boyutlu tasarım,

dijital ortamda günümüzde yapabileceklerimiz tamamen hayal gücümüze bağlı olarak değişmektedir. Bilgisayar desteğinin sadece hayal gücümüzle sınırlı olduğunu görmekteyiz. Üretebileceklerimizin sınırsız olması bize olağanüstü bir alan sağlayarak düşüncelerimizi veya çizimlerimizi model oluşturabilmek için bilgisayar programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu programları öğrenmek ve yeterli bilgiye sahip olmak gerekli, bu sayede tasarımları oluşturabilmek mümkün hale gelir.

Günümüzde tasarım programları oldukça çok çeşitli olmakla birlikte ihtiyaca yönelik oldukça fazla alanda yer almaktadırlar. Bu tasarım programları ürün modelleme ve görselleştirme gibi farklı alanlara sahiptirler. Tasarım programlarının çeşitlenmesi ve gelişmesi sayesinde tasarım dili oluşturularak temelde yapılmak istenilen tasarıma daha hızlı ve kolay ulaşılabilmesini sağlamaktadır.

Sanatçılar günümüzde temelde geleneksel yöntemleri kullandıkları gibi dijital çağın getirdikleri bilgisayar programlarıyla da çalışmalarını oluşturabilmektedirler. Bu programlar sayesinde eserlerini oluşturup, yayınlamaları kolay olmaktadır. Bunun yanı sıra bu programlarla oluşturulan model tasarımları sanatçının eserini üç boyutlu halde görmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede sanatçı eserini üç boyutlu halde görüp geliştirme imkanına sahip olmaktadır. Bununla birlikte eserinde hata olduğunu gözlemleyip erken müdahalede bulunabilir. Sanatçının üreteceği ürünü temelde üretmeden görmesi ve geliştirmesi sanatçıyı bir sonraki adımı tahmin edebilir hale getirerek birçok imkan sağlamaktadır, bu sayede sanatçının bu tür müdahalelerde yapması için önemlidir.

Türker, sayısal programların sunduğu olanaklar ve sorunların çözümü ile ilgili olarak; “Sanatçı imgeyi tuval, taş, ahşap, metal vb. malzemeye uygulamaya geçmeden önce, kâğıt üzerine aktardığı imgeyi üç boyutlu sanal ortama aktarır, tasarımının bir sanat eserine dönüşme sürecinde karşılaşılabileceği sorunları nasıl çözebileceği ve imgenin sayısal ortamda renk, biçim, oran, ışık-gölge, malzeme vb. açısından nasıl görünebileceği konusunda bir fikir sahibi olabilmektedir” cümlesiyle ifade etmektedir. Dijital platformlarda üç boyutlu modellemelerini oluşturan sanatçı yaptığı tasarımının, kâğıt üzerine teknik çizimlerini oluşturarak modelin biçimini, ölçülerini kâğıt üzerine aktarmaktadır. Bu çizim yöntemiyle geleneksel yöntemle dijital ortamda tasarımların bir parçası haline gelmesini sağlayan, geleneksel ve sayısal tasarım arasında koordinasyonu sağlayan bir işlemdir. Aynı zamanda bu çizimler yardımı ile sonradan üç boyutlu bir dijital programda tasarım gerçekleştirilmeye başlanır ve sanatçı eserini 360 derecelik açılar ve X, Y, Z (en, boy ve derinlik) koordinatlarına bağlı olarak oluşturur. (Türker, İ & Sabahat, N. S., Akt. Gümüş, 2015)

Tüm bu yapı sayesinde sanatçıya veya tasarımcıya tasarladığı ürün/eseri malzemeye aktarmadan oluşabilecek tüm sorunları çözme imkanı tanımaktadır. Bu

sayede tasarlanan ürünün geliştirilerek sorunsuz bir hale gelmesine olanak tanır. Bu süreç sayesinde geleneksel birçok farklı aşamalar hızlı bir şekilde tamamlanarak, istenilen ürün/eser tamamlanır.

1.3.1. Üç Boyutlu Tasarım Programları

Tasarım programları genel çerçevede birçok farklı alanlara ve işlevlerine göre değişkenlik göstermektedir. Çok kapsamlı programların farklı işleri yapabildiği gibi sadece modellemeye yapabilmeye olanak sağlayan programlarda mevcuttur.

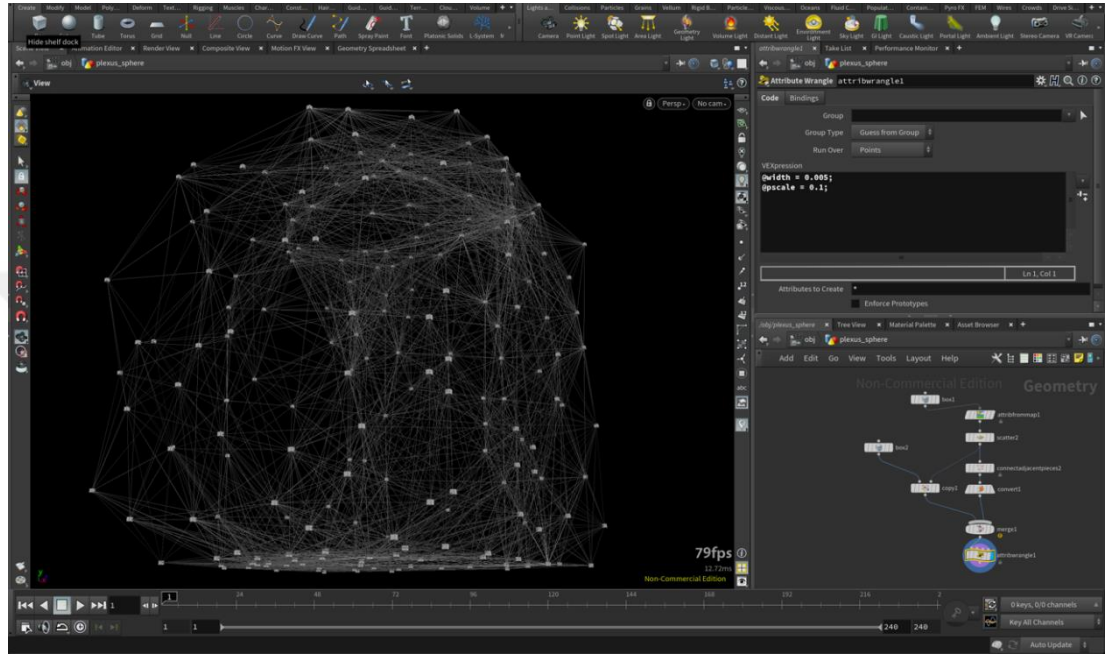
Genel olarak üretimi yapılacak bir ürünün tasarımında bilgisayar programlarının kullanılmasına CAD ve bilgisayar teknolojileri kullanılarak imalatının yapılmasına da CAM denir. CAD ve CAM programları tasarım ve imalat süreçlerinde teknik elemanlara geleneksel yöntemlere nazaran çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

İngilizce’de “Computer Aided Design” olarak tanımlanan CAD kısaltmasına sahip Türkçe’de “Bilgisayar Destekli Tasarım” anlamına, “Computer Aided Manufacturing” olan CAM açılımı da “Bilgisayar Destekli İmalat” anlamına gelmektedir. Günümüzde sürekli gelişmekte olan bilgisayar teknolojisi sayesinde hızlı bir biçimde dijital ortamda üç boyutlu olarak yapılabilir, yapılan tasarımlar kolayca düzenlenebilir, üretim için hazırlanan modelin imalatı bilgisayar teknolojisi ile otomatik bir biçimde yapılabilir.

Üç boyutlu modelleme programları alanlarına göre veya işlevine göre değişkenlik gösterir. Bu sayede programların sayısı artmakta ve niteliklerine göre de ayrılmaktadır. Başlıca üç boyutlu modelleme programları şunlardır; SkechUp Pro, Cinema 4D, Blender, Maya, 3ds Max, Rhinoceros, Houdini, Zbrush, Solidworks, Catia, Autocad, Alias vb. Bu programlarda yapılan ürünlerin oldukça fazla alanda kullanıldığı gibi modellemeye yönelik kullanılabilir bir yapıdadır. Bu programlar çizdiğiniz modelin katı modelini oluşturmaktadır. Birçoğunun yöntemleri aynı olsa da Houdini gibi programlar ise nodül tasarım veya kodlamayla ürün, eser oluşturabildiğiniz bir yapı mevcuttur. Bu yapı sayesinde geometrik veya farklı yapılardaki ürün veya eseri tasarlamanız daha mümkün olmaktadır. Programların ihtiyaca yönelik veya amaca yönelik kazanımları

mevcuttur. Program kullanımları modellenecek tasarıma veya sürece göre değişkenlik göstermektedir.

Şekil 34. Houdini programından bir ekran görüntüsü



Kaynak: Anonim, b.t.

Bilgisayar programlarına örnek verecek olursak birçok alanda kullanıldığı gibi genel anlamda birçok alanda kullanılan Houdini programını ele alabiliriz. Bu program daha çok kodlama ve nodül tasarım olarak tanımlayabileceğimiz nodüllerden eser, ürün üretilebileceği bir programdır. Program temelinde matematiksel problemleri çözebileceğimiz bir ortam sunmaktadır. Bu sayede matematik problemlerinin geometriye döküleceği gibi içinde kendinizde problem oluşturmanız mümkündür. Vex kodlama altyapısıyla problem oluşturup esere veya video art gibi denilebilecek görüntüler oluşturulabilir.

Üç boyutlu yazıcılarda üretilecek ürünün öncelikle bu yazılımlara ihtiyaç duyarak geliştirilebilmeye olanak sağlar. Yazıcılarda kullanabileceğimiz modelleri oluştururken yüzey kalitesi, programın hızı, olanakları gibi noktalara dikkat edilmektedir. Bu programların geniş kapsamı olduğu gibi oldukça fazla alanda kullanılmaktadır.

1.3.2. Teknolojik Ortamda Tasarım Süreçleri

Tasarım belirli süreçlerden geçilerek yapılmaktadır. Tasarım sürecinin ilk aşaması problemin tanımlanmasıdır. Bu problemin çözümüyle ilgili araştırma yapmak, önceki çözümleri anlamak gereklidir. Bu konunun ne olduğunu anlamak ve o konuyu tam olarak benimsemek için yapılan aşamadır.

Yapılacak olan tasarımda hareket noktasının bulunabilmesi için problem hakkında bilgi toplamak gerekmektedir. Yani tasarım sürecinin ikinci aşaması bilgi toplama aşaması olmaktadır. Diğer bir yol ise yaratıcılık ile buluş aşamasıdır. Tasarımcı veya tasarım öğrencisi, konu ile alakalı olarak araştırmaları yapıp, gerekli olan bilgi ile verileri toplayarak değerlendirebilir ise yaratıcılığa ulaşmış olmaktadır.

Yaratıcılık ile buluş sürecinde problemin ortaya konulması ve bütün olasılıkların araştırılmasına yönelik çalışmalar da çözüm bulma sürecini kapsamaktadır. Son aşama olan uygulama aşamasında ise getirilmiş olan tasarımın son haline şekillendirilir.

2. ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR

Üç boyutlu yazıcılar sektörlerdeki prototip(ilk örnek model) ihtiyacını karşılamaya yönelik ortaya çıkmıştır. İlk olarak 1980'li yılların başında keşfedilerek her alanda kullanılır hale gelmiştir. Hammaddelerin zamanla yaygınlaşıp ve gelişmesiyle de fiyatlarının daha makul seviyelere inmesi sayesinde yazıcılar oldukça popülerleşmiş ve kullanım alanları genişlemiştir. Bununla birlikte Reprap gibi internet platformlarında yazıcıların yapımı, görsellerin paylaşabildiği, süreçleriyle ilgili bilgi alabildiğimiz farklı türdeki yazıcıları 2000'li yıllarda internet ve teknolojinin gelişimiyle kolay ulaşılmasını sağlamıştır. Günümüzde bu yazıcıların çok farklı alanlarda kullanıldığını ve bu alanların prototip yapımı için değil farklı ihtiyaçları da karşıladığını ve bu alanların gün geçtikçe çoğaldığını görmektedir. Günümüzde yapılan çalışmalar gelecekte yazıcıların alanları artacağı gibi işlevini de daha önemli bir hale getireceği aşikardır. Bu alanların teknolojinin ve yazıcının gelişimiyle birlikte uzay araştırmaları, eğitim, gıda, tıp, askeriye gibi hayati önem taşıyan alanlarda oldukça yararlı olduğunu ve gelecekte olacağını görülmektedir.

Üç boyutlu yazıcılar gelişim süreci tamamlanmadığı ve teknolojinin gelişimine orantılı olarak ihtiyaca yönelik farklı yazıcılar görülmektedir. Fakat bu gelişimin daha çok (Fused Deposition Modelling) FDM adı verilen türkçeye eriyik yığma olarak çevirebileceğimiz yazıcılardır. Başka bir tanımda ise üç boyutlu yazıcı ile üretim, eklemeli üretim (additive manufacturing) olarak bilinen bir grup teknolojinin genel adıdır. Üç boyutlu yazıcı ile üretim ya da eklemeli üretim aynı zamanda hızlı prototipleme (rapid prototyping), hızlı üretim, katmanlı üretim ya da masaüstü üretim olarak adlandırılmaktadır (Verbruggen ve Warnier, 2014 akt. Martinez). Bunun nedeni ise bu üç boyutlu yazıcıların maliyetinin düşük ve hızlı kolay kullanılabilir yapıda olmalarıdır. Bu yazıcılar ise her eve girebileceği gibi tüm üretim alanlarında da kullanılabilirliği artacağını öngörülmektedir.

2.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN SANAT ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Üç boyutlu yazıcılar günümüzde yaygınlaşmaya başladıkça her alanda kullanımını görmeye başladık. Çalışma prensipleri farklı olan yazıcılar plastik, seramik, metal gibi materyallerin akışkan veya eriyik halleri kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra tıp alanında da yeni gelişmeler sayesinde adını duymaktayız. Son gelişmelerden birisi ise bilim adamları insandan alınan hücrelerin laboratuvarda çoğaltılarak yazıcılarda kalp organını oluşturduklarını görmekteyiz. Teknolojinin gelişimiyle birlikte üç boyutlu yazıcılar her eve girerek üretimin bireyselleştirilmesi adına önemlidir. Tasarım olgusunu kişiselleştirerek her birey kendi istediği nihai ürünü yazıcıdan çıktı alabilmektedir. Nihai ürün birçok malzemeden olacağı gibi örneğin seramik, plastik veya metal gibi malzemelerden üretim yapılabilir. Çok yönlü olması sebebiyle ve alanı geniş olmasıyla 3 boyutlu yazıcıları gelecekte birçok alanda göreceğimizi gösteriyor. Son dönemde tıp alanında da kullanılmaya başlanan yazıcılar insandan alınan dokuların çoğaltımıyla üretilen hücrelerin yapay organ üretimi gibi konuda üretilmeye ve geliştirilmeye devam etmektedir. Tıp alanında ve diğer alanlarda kullanımı yaygınlaştıkça yazıcıların hayatımızda büyük bir yer edineceğini varsaymak mümkündür.

Üç boyutlu yazıcılar geleneksel üretimin yerini alma konusunda geliştirilebilir bir yapıda olması nedeniyle sanatçılar tarafından oldukça ilgi çekici olmuştur. Sanatçılar bilgisayarda ürettikleri modelleri plastik, seramik, cam veya

metal alaşımları kullanarak üç boyutlu yazıcıları kullanmaya başlamıştır. Sanatçılar eserlerini üretimi yazıcıya aktararak üreterek yeni bir yöntem olarak 3 boyutlu yazıcıları kullanmaktadır. Bu yöntem sayesinde sanatçılar yeni imkanlar kazanmış ve eserlerinde bu imkanları kullanmaya başlamışlardır. Buna Michael Eden isimli sanatçının yüksek kaliteli plastik malzemeden, üstten eklemeli üç boyutlu yazıcıda üretilmiş olan eseri örnek olarak verilebilir.

Şekil 35. Michael Eden, Spiralıs, 2018, 3 Boyutlu yazıcıyla üretim, 50x38.5x37 cm



Kaynak: michael-eden.com, b.t.

2.2. ÜÇ BOYUTLU SERAMİK YAZICILAR

Üç boyutlu seramik yazıcılar hem seramik endüstri alanında ve hem sanatçılar tarafından hızlıca benimsenmiştir. Bu yazıcıların önemi tasarımcıların veya sanatçıların işlerini kolaylaştırması farklı geometrik yapılara olanak sağlaması gibi birçok avantajı olduğu için bu kadar hızlı bir şekilde benimsenmiştir. İş yükünü azalttığı gibi, temelde seri üretim için yavaş olduğunu görülmektedir. Bu yüzden yazıcıların hızlanması ve yüzey kaliteleri gibi konularda geliştirilmesi gerekmektedir.

Üç boyutlu yazıcılarda meydana gelen en önemli gelişmelerden biri de farklı malzemelerin bu teknoloji de kullanılmasıdır. Bu alanda yapılan çalışmalar ile

nanokompozit malzemeler, farklı plastik karışımlar veya endüstride kullanılan malzemelerden oluşturulan karışımlar içeren toz metaller gibi kullanılmaya başlanmıştır. Bu yeni olanaklar, seramik sanatçıları tarafından, farklı bir şekillendirme yöntemi olarak kullanılmış, yeni seramik formların ortaya çıkmasını sağlamıştır. (Özgüven, 2015).

Üç boyutlu yazıcıların seramik sanatında eser üretimine ilk olarak katkı yapan sanatçı Jonathan Keep'tir. Sanatçı delta model olarak bilinen üç boyutlu yazıcıyı, seramik kili ile kullanılabilir bir yapıya dönüştürmüştür. Eklemeli üretim (additive manufacturing) tekniği ile çalışan, Jonathan Keep Delta Ceramic 3D Printer isimli bu yazıcı, herkes tarafından kolaylıkla ulaşılabilir malzemelerden oluşturulmuştur. Bu sayede pek çok sanatçı ve tasarımcılar tarafından kolayca yapılabilen ve üzerinde geliştirmeler yapılabilen, basitleştirilmiş üç boyutlu yazıcının temellerini oluşturmuştur.

Jonathan Keep'e göre eserlerini toprak, ateş, su gibi elementlerden oluşturan sanatçı doğaya bağlılığı önemini vurgular. Jonathan Keep eserlerinde temel elementlerden oluşturduğuna vurgu yapar. Sanatçı kodlarla ürettiği eserlerini doğaya benzeşen doku ve form yapıları kullanmaktadır. Sanatçı matematiksel kodlar kullanarak eserlerini doğal bir yapı oluşturmayı amaçlar. Sanatçı eserlerini dijital olarak oluşturup doğallığı temel elementlere aktararak gözler önüne sermek istemektedir.

Jonathan Keep ise eserlerinde doğadan ilham alarak matematiksel olarak tekrar kurgulayarak oluşturmaktadır. Aslında gördüğümüz eserlerini matematik denklemleriyle oluşturmaktadır. Bu özelliğiyle fraktal örüntülerini eserlerinde görebilmekteyiz.

Danimarkalı sanatçı Olivier van Herpt, kendi tasarlamış olduğu, eklemeli üretim (additive manufacturing) mantığıyla çalışan, büyük boyutlu yazıcısı ile çalışmalarını üretmektedir. Sanatçıya göre, seramik malzeme kullanan üç boyutlu yazıcılar genellikle daha ufak formlar üretmektedir. Kendisi bu anlayışı değiştirerek, daha büyük bir yazıcı ile büyük boyutlarda seramik eserler üretebilmiştir.

Şekil 36. Olivier Van Herpt, Blue and White, 2018, Üç Boyutlu Yazıcı ile Porselen Üretimi



Kaynak: oliviervanherpt.com, b.t.

2.3. YAZICININ ENDÜSTRİYEL SÜREÇLERİ

Seramik yazıcılar eritmeli eklemeli üretim yapan yazıcılardan birkaç farkı bulunmaktadır. Plastik üreten (FDM) yazıcılardan en büyük farkı eritme gibi bir ihtiyacı bulunmamasıdır. Seramik kilini belli bir kıvamda tutarak eklemeli üretim yapılabilmektedir. Burada en büyük önemli durum kilin yoğunluğu olmakla birlikte seramiğin birbirine kaynaşması gerekmektedir. Bu yüzden kil ne fazla çamurumsu veya nede çok katı olmak zorundadır. Kilin kıvamı oldukça önemli olmaktadır.

Üç boyutlu yazıcılar genellikle kil havzası ve kilin basıldığı yazıcıdan oluşmaktadır. Bu sayede kilin nizami bir şekilde basılması amaçlanmaktadır. Buna en güzel örneklerden birisi de Olivier Van Herpt'in oluşturduğu yazıcıdır.

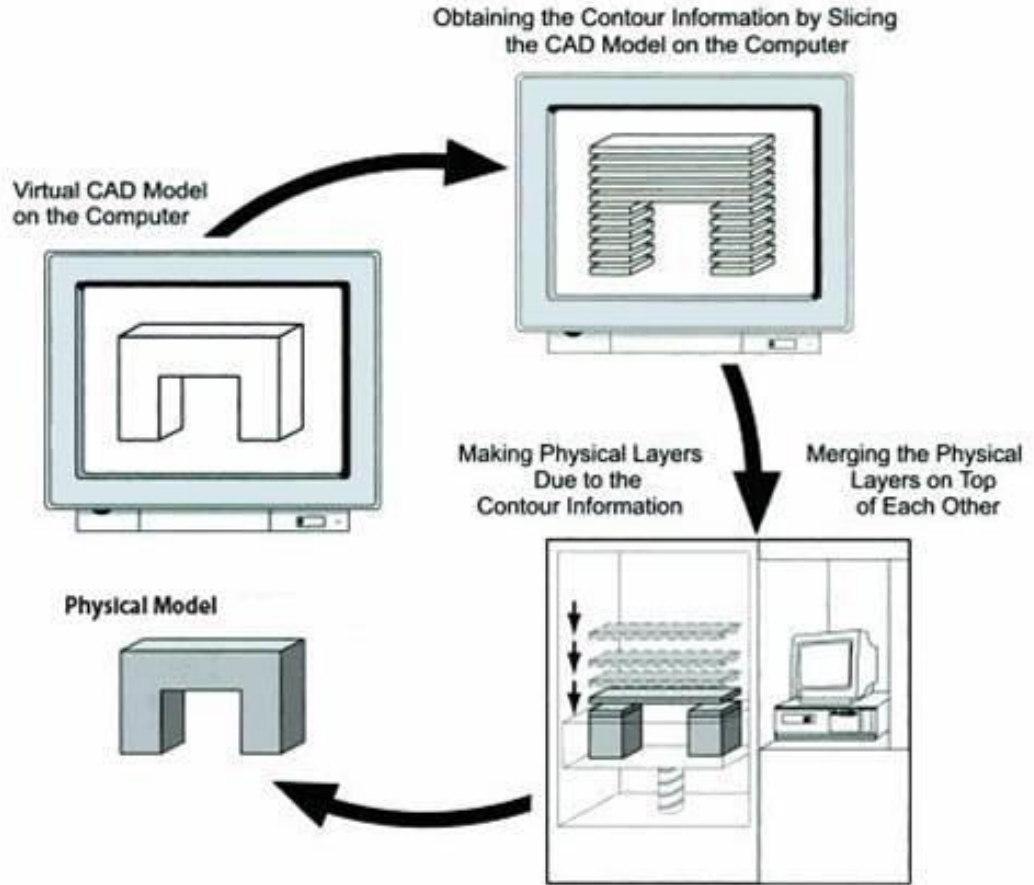
Şekil 37. Olivier Van Herpt, Cos x Olivier Van Herpt Series, 2017, Üç Boyutlu Yazıcı ile Porselen Üretimi



Kaynak: oliviervanherpt.com, b.t.

Üç boyutlu seramik yazıcı iki parçadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi kil haznesi(ekstruder) ve yazıcı olarak ayrılmaktadır. Bunun dışında tek parça yazıcıyla da çözülebilsede kilin kıvamında bazı sorunlar oluşması ve yoğun kilin basılması sıkıntı oluşturabilmektedir. Bu yüzden kil haznesi kullanmak seramikte daha sağlıklı kullanım elde edilmesini sağlamaktadır. Yazıcıda kil haznesi, step motor, vidalı mil ve kasnak kayış desteğiyle kil haznesindeki kil hammaddeyi itmesiyle ürünü oluşturmaktadır. Plastik basan üç boyutlu yazıcılardan farklı olarak hammaddeyi ısıtmaya gerek yoktur. Üç boyutlu yazıcı seramik basması için büyük boyutlarda tasarlanarak sağlamlaştırma işlemleri uygulanır.

Şekil 38. Üç Boyutlu Yazıcıların Temel İşleyiş Prensibi

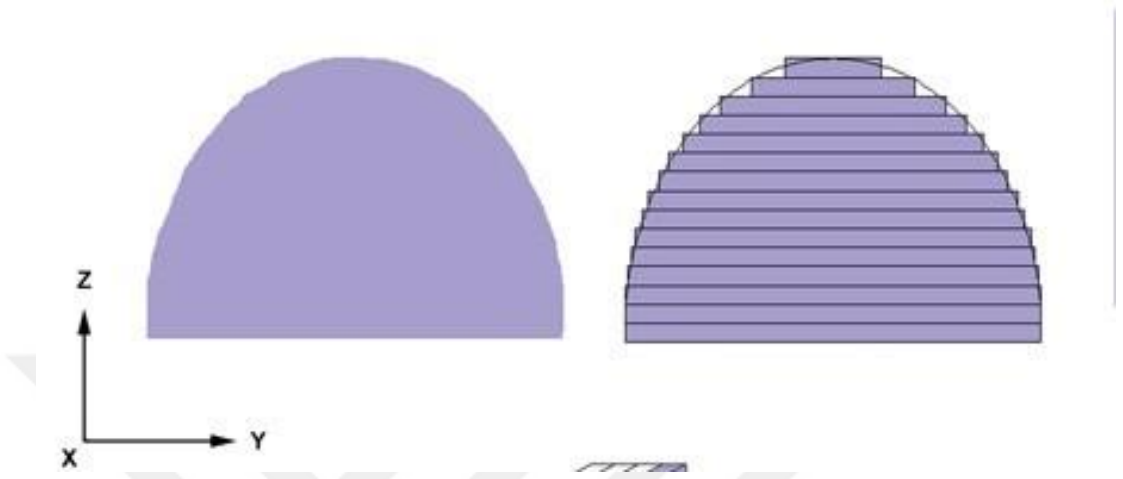


Kaynak: wiki.aalto.fi, b.t.

Temelde bu diagramda görüldüğü gibi (Şekil 38) öncelikle model tasarlanır. Üretilen ürün üç boyutlu tasarım programları veya ürünün üç boyutlu tarama sistemleri ile taranıp bilgisayara aktarılmaktadır. Tasarlanan model STL dosya formatına çevrilerek üç boyutlu baskı sürecine geçilir. Tasarlanan model çeşitli

programlar yardımıyla katman katman oluşturulacak şekilde ayarlanır. Bu etapta eserin katmanların yüksekliği, hızı, detay derinliği ayarlanabilir.

Şekil 39. Yazıcılardaki Katman Görünümü

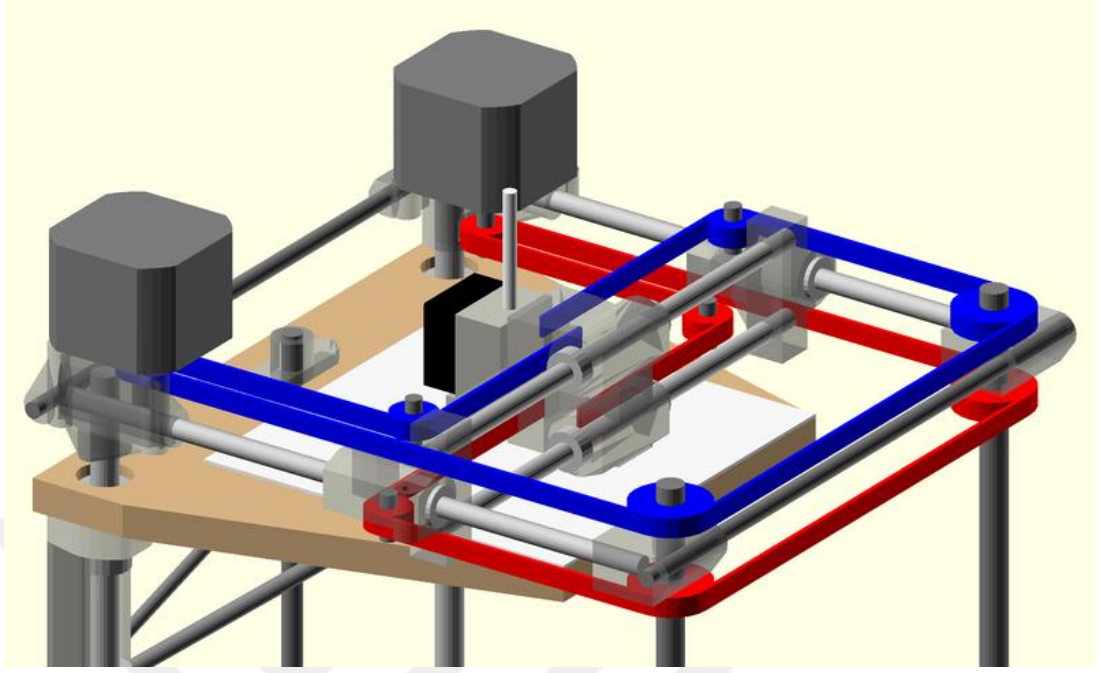


Kaynak: 3dprintertr.com, b.t.

Gördüğümüz bu diagramda ise bu tasarımın katmanlara ayrılmış iki boyutlu halini görülmektedir. Bu katmanları temelde dengeli bir hız ve katman aralığını ve sıklığını dikkate alarak oluşturmalıdır.

Olivier Van Herpt, oluşturduğu yazıcı iyi bir şekilde tasarlanmıştır. Ölçüleriyle büyük ürünleri de basabildiği delta isimli yazıcıların özellikleriyle birlikte ideal bir üç boyutlu seramik yazıcıyı oluşturmuştur. Bu yazıcıyla birkaç etkili ekleme yaparak farklı boyutlarda ve biçimlerdeki doku yapılarını kolaylıkla oluşturabilmiştir. Van Herpt'in yazıcısına yakın ve mühendislik öğrencileriyle birlikte tasarladığımız bir yazıcıdır. Delta ve Corexy mantığı birbirlerine yakın ve deltanın oval ürünlerde geçişleri kolaylıkla yapabilirken, Corexy mantığındaki yazıcılar ise keskin köşeli ürünlerde daha iyi oldukları bilinmektedir.

Şekil 40. Corexy Yazıcı Prototipi



Kaynak: reppap.org, b.t.

Üç Boyutlu Yazıcıyı kil haznesini ve yazıcıyı tasarlanmasını iki ayrı parçada ele alarak tasarlamayı amaçlanır. Bunun nedeni ise basılan yüzeyin gerektiği kadar hassas ve tasarlanan yüzeye yakın olmalıdır. Bu yüzden kil havzası (ekstruder) seramik ürünlerin basılması için ayrı olarak tasarlandı. Bunun amacı yazıcının ürünü zorlanmadan üretmesi amaçlanmaktadır. Bunun için kil havzasının sabit ve esnemez yapıya sahip olması önemlidir. Bu yüzden yazıcıyı beslemesi için üçgen tasarım kullanıldı. Metal kısımlarını Alüminyum veya paslanmaz metallerden oluşturularak yapının sağlam yapıyla çözülmesi gerekmektedir. Metal kısımların nemli kil tarafından paslanmaması gerekmektedir. Kil havzasının parçalarını freze CNC tezgahında işlenebilir. Kayış kasnak ve indüksiyonlu millerle yazıcının tablasının hareket ettirilmesi sağlanır ve aynı sistem kil haznesinde de kullanılır. Kil havzasının motorların, sürücüler birbirine adapte edilerek, yazılımları düzenlenebilir. Bu yazılımları reppap gibi platformlardan açık kaynak kodları internetten indirip düzenlenebilmektedir.

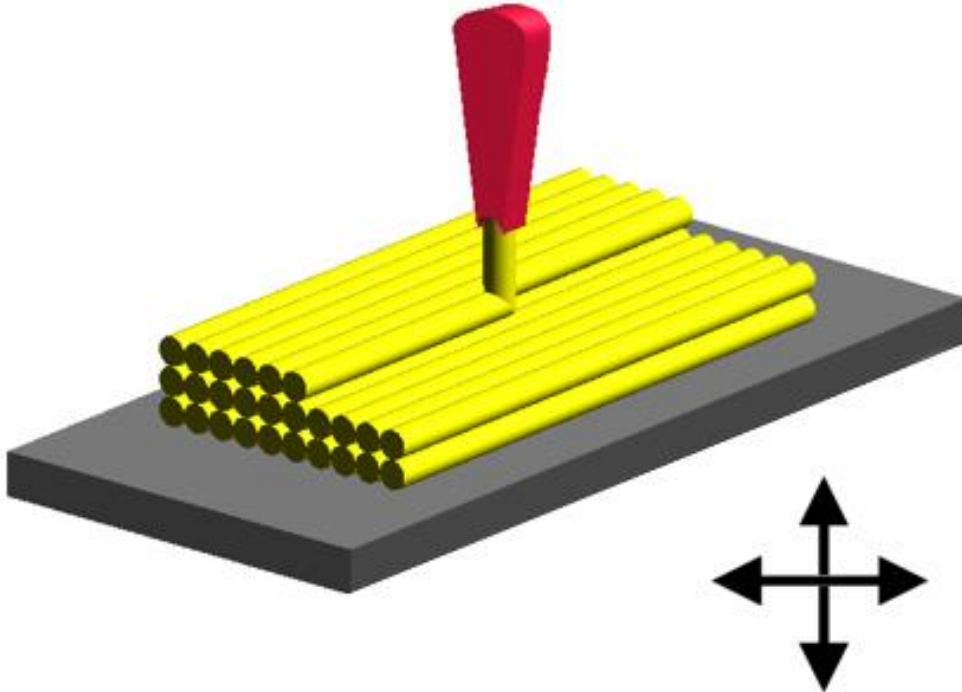
Bu sistemle birlikte daha detaylı ve hatasız ürünler basılmasına imkân tanımaktadır. Kil havzasından gelen kilin CoreXY hareket sistemini sağlayarak son

olarak nodülden çıkan kilin gereken yere hatasız ürünü oluşturulması sağlamaktadır. Yazıcının sigma profillerin temel iskeleti oluşturduğu sistemde ürün katman oluşturuldukça alttaki plakanın step motorların vidalı mili hareket ettirmesiyle plakanın aşağı indirilir.

Yazıcın sabit durması gereken parçalar cnc freze de işlenebilir. Bununla ilgili bütün çizimlerin olduğu tasarımlar rebrap dijital platformlardan kolaylıkla sağlanabilir. Motorların çalışması için gereken bağlantı aksamaları kablolar lehimlenmesi gerekmektedir. Yazıcıdaki motorların sürücüleriyle birlikte senkronlu çalıştırılması sağlanmalıdır. Tüm sürücülerin ve devre kartların tek bir panoda toplanabilir. Fan yardımıyla içerdeki havayı soğutulmalıdır. Sürücülerin kabloları çekilerek motorlara verdiği baskı kodlarını koordinatlara dönüştürmesi sağlanır.

Üç boyutlu baskı sürecinde üretilen çalışmanın üzerine katmanlar halinde üst üste oluşturulmaktadır. Makinenin bu katmanlar sırasındaki takım yolunu takip etmesi için STL dosyası, hazırlanmış model dilimleme yazılımı ile katmanlara dönüştürülür.

Şekil 41. Yazıcıların Katman Mantiğı



Kaynak: 3dprinting.com, b.t.

2.4. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA SERAMİĞİN ŞEKİLLENDİRİLMESİ

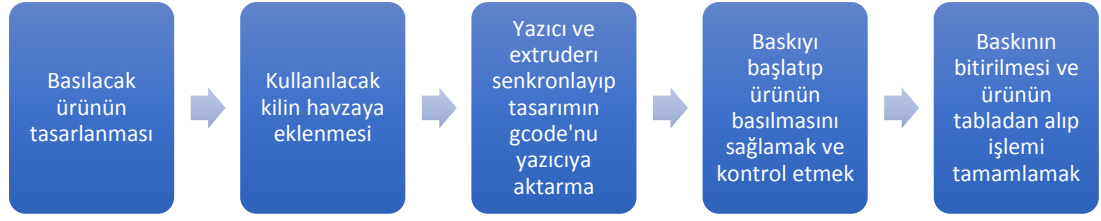
Yazıcıya gönderilecek kil öncelikle ince taneli olacak şekilde değirmende inceltilebilir veya ince taneli kil tercih edilmelidir. Değirmende inceltilen kil dinlendirilmeye bırakılarak bir süre beklenilir. Sonrasında dinlenen kilin kıvamını ayarlamak için alçı yardımıyla suyu alınmalıdır. Kili yazıcıya aktarırken hazırlanan kilin kıvamı çok önemlidir. Kilin viskozitesi ayarlanarak belli bir ölçüde nemi sabitleyerek yazıcıya eklenmektedir. Kilin nem yoğunluğu eşit olmalıdır.

Hazırlanan kilin kil Havzasına homojen şekilde eklenmelidir. Kil havzada hava almayacak şekilde sabitlenip kilin kuruması önlenmektedir. Kil havzaya eklenerek yazıcı hazır hale getirilir. Öncelikle yazıcı açılarak X, Y ve Z başlangıç koordinatlarına getirilir. Yazıcıya gönderilecek tasarım bilgisayarda hazırlandıktan sonra tasarımı farklı programlarla gcode (g kodu) diye bilinen koordinat kodları oluşturulur. Bu veriler kablo veya hafıza kartıyla yazıcıya aktarılarak yazıcı basmaya hazır hale gelmektedir. Bu koordinatlar ise yazıcıya yazıcının çizmesi gereken çizgiyi oluşturarak yazıcının hareket etmesini sağlamaktadır.

Kişisel yorumlarıma gelecek olursak yazıcıda üretilen ilk eserlerde kil reolojisi çok önemli olduğu görülmektedir. Kilin çok yoğun kıvamlı olduğunda yazıcıda kil havzası eseri basamayabilir. Aynı şekilde kil çok sulu olduğunda da yazıcı basarken oldukça fazla sorunla karşılaşılabilir. Kilin kıvamı kadar g kodlarının ayarları ve katmanların yüksekliği birkaç denemeden sonra geliştirilerek çözülebilmektedir. Bununla birlikte yazıcının hızına göre eserin yüzey kalitesi değişebilmektedir. Yazıcıya g kodları ayarlanırken basımın hızlı gönderilmesi sonucunda eser yüzey kalitesi pürüzlü olabilir. Yazıcının eser üretirken hızlarına göre ayrı ayrı yüzey kalitesi elde edilmektedir. Eser üretilirken önemli olan g kodları oluşturulurken hızın dikkatli ayarlanması gerekebilir.

Yazıcıyla gönderilen ürün g kodları olarak bilinen koordinatların dikkatle hazırlanması gerekmektedir. Kodlarda hata yapılması sonucunda ürün üretilmemektedir. G kodları kodlamaları istenilen yüzey kalitesi sağlanana kadar deneme yanılma yöntemiyle istenilen düzeye gelmesi beklenir.

Şekil 42. Seramik Yazıcıda Ürün Basılması İçin Yapılması Gerekenler



Kaynak: Anonim, b.t.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GÜNÜMÜZ SERAMİK SANATINDA ÜÇ BOYUTLU YAZICILARLA ÜRETİLEN ESERLER VE FRAKTAL BOYUT

1. GÜNÜMÜZ SERAMİK SANATINDAN ÖRNEK YAPIT ÇÖZÜMLEMELERİ

Günümüz sanat yapıtlarına örnek modern formların geleneksel ve endüstriyel üretim tekniklerinin kullanımıyla üretilen eserlerden örneklere yer verilecektir. Eserleri yapan sanatçıların üretim teknikleri, kullandıkları materyaller farklı olduğu görülmektedir.

Şekil 43. Hasan Şahbaz, Organik Objeler Serisi, 2015, Karışık Teknik, 65x65x7 cm



Kaynak: hasansahbaz.com, b.t.

Hasan Şahbaz kullandığı çok parçalı alçı kalıp tekniği ve form üretme yöntemleri ile alternatif bir şekillendirme tekniği geliştirmiş ve var olan bir tekniğin sınırlarını zorlayarak özgün bir yöntem oluşturmuştur.

Her zaman “yeni” olanın arayışı içerisinde olan Şahbaz’ın “Organik Objeler” serisinde yer alan çalışmalarında; formun gövdesini oluşturan ana yapıda, geometrik birim tekrarları ile elde edilen hücresel boşluklar, formun yüzeyine yayılarak yeni bir doku katmanını oluşturmaktadır. Özel bir teknikle oluşturulan bu doku katmanı, forma hem optik hem de daha dinamik bir yapı kazandırmaktadır.

Hasan Şahbaz çalışmalarında endüstriyel stoneware döküm çamuru kullanmakta ve kalıba döküm aşamasından önce toz pigmentler ile çamuru renklendirmektedir. Zengin bir doku katmanına ve dinamik bir form yapısına sahip çalışmalarını, genellikle soft renklerde sırsız olarak 1200 C’de pişirmektedir. Böylece pişirim sonunda, sır’ın kimyasal yapısı gereği çalışmaya yükleyeceği yeni bir renk, doku vb. ihtimalleri de ortadan kaldırmaktadır.

Şekil 44. Rita Miranda, Seeds, 45 cm, 2019, Karışık Teknik



Kaynak: ritamiranda.com, b.t.

Rita Miranda, eserlerini genellikle doğal doku ve biçimlerden esinlenerek oluşturmaktadır. Temelde doğanın fraktal örüntülere sahip olduğunu düşünürsek sanatçının eserlerinde fraktal yapıları fazlasıyla görmekteyiz Eserlerini doğada görülen dokuları ve şekilleri yorumlayarak geleneksel yöntemlerle oluşturmaktadır. Eserlerinde doğallığı seven sanatçı kilin mat renklerini muhafaza ederek eserlerinde sır kullanmamış ve dokusal bir derinlik kazandırmıştır.

Şekil 45. Fenella Elms, Moody Mobius, 2017



Kaynak: fenellaelms.com, 02 Ekim 2018

Fenella Elms, doğadan ilham alarak eserlerinde organik dokuları kendi yöntemleriyle yorumlamıştır. Sanatçının ürettiği eserler modern sanat eserlerine örnek gösterilebilir. Fraktal örüntüleri eserlerinde kullanarak onları estetik bir yapıya ulaştırmayı amaçlamıştır. Eserlerinde porselen kili kullanmayı tercih eden sanatçı ince çalışarak oluşturduğu eserini kilin elverdiği şekilde denemelerle estetik hale getirmektedir. Sınırları zorlamayı seven Elms farklı açılarda eser üretmenin zorluklarını çözümlerken eserlerinde sır kullanmayarak mat renkleri kullanmaktadır.

Şekil 46. Simon Zsolt Jozsef, 2015



Kaynak: pulsceramics.com, b.t.

Simon Zsolt Jozsef, eserlerinde organik ve inorganik yapıları birbiriyle harmanlayarak örtüşmesini sağlamıştır. Eserinde kullandığı bu yapılar uyumlu olmasına rağmen bir zıtlığı da içinde barındırmaktadır. Sanatçı eserlerini doğal halinde bırakarak onlara hareket kazandırmak istemiştir. Modern sanat örneklerinden biri olan bu eserde sanatçı sır kullanmayı reddeder ve bu sayede kilin mat görüntüsüyle doğal bir görünüş elde etmektedir. Sanatçı eserlerinde deneysel çalışmalar yaparak farklı doku ve yüzeyler aramaktadır. Bu yüzeyleri oluştururken hem organik hem de organik olmayan yapıları eserlerinde kullanmayı amaçlamıştır.

Şekil 47. Steen Ipsen, Organic Movement, 2015



Kaynak: steen-ipsen.dk, b.t.

Steen Ipsen günümüzdeki modern seramik sanatının en önemli temsilcilerinden biridir. Eserlerinde sürekli form araştırmaları yaptığını görmekteyiz. Formlarında organik ve küresel biçimleri kullanmayı sevmektedir. Bu yapıların zengin çeşitliliği sayesinde sanatçı yeni form yapıları üreterek özgün çalışmalar oluşturmaktadır. Bu formun şeklini alan organik çizgilerle bütünü tamamlamaktadır. Bu çizgilerin deneysel form araştırmasını desteklediği gibi eserlerine yüzeysel derinlik kazandırdığını görmekteyiz. Organik yapılarda sonsuz soyut geometri olanaklarına sahip olan sanatçı çalışmalarını bu formlar üzerinde geliştirerek üretmektedir. Sanatçı eserlerinde genellikle canlı renkler veya zıt renkleri kullanmaktadır. Formlarında parlak sır kullanan sanatçı renklerle zıtlık dengesi oluşturmayı istemektedir.

Şekil 48. Eva Hild, 2009



Kaynak: pulsceramics.com, b.t.

Ünlü sanatçı Eva Hild'in çalışmaları temelde hiperbolik bir geometride oldukları için minimal yüzeylere sahip formlar olarak tanımlanabilir. Sanatçı, eserlerini klasik yöntemlerle oluşturmakta ve ince yapılar üzerine inşa etmektedir. Eserlerinde porselen kil kullanarak ince çalışmalar elde eder. Yüzeyleri pürüzsüz formlar amaçlayan sanatçı çalışmalarının yüzeylerini zımparalayarak pürüzsüzleştirmektedir. Formların yüzeylerindeki birim tekrarları ve doğada görülen fraktal örüntülerini kendine göre yorumlamaktadır. Modern seramik sanatının öncülerinden olan sanatçı işlerini son dönemde boyutlarını büyütürken farklı ve geniş yüzeyler elde etmektedir. Yüzeylerde iç bükey ve dış bükey alanlar kullanarak çalışmalarına hareket kazandırmayı amaçlamaktadır. Sanatçı eserlerinde mat kilin

renklerini kullanarak sırsız yüzeyler elde edip, mat renklerin ışık ve gölge etkisinden yararlanır; bu sayede derinlik sağlar. Eserlerini elle şekillendiren sanatçı uzun süren bir üretim süreci geçirir; böylece düşünmek için zaman kazanmış olur ve eserlerini bu süreçte nasıl doğru şekillendireceğine karar verir.

Şekil 49. Jennifer Mc Curdy, Vortex Vessel

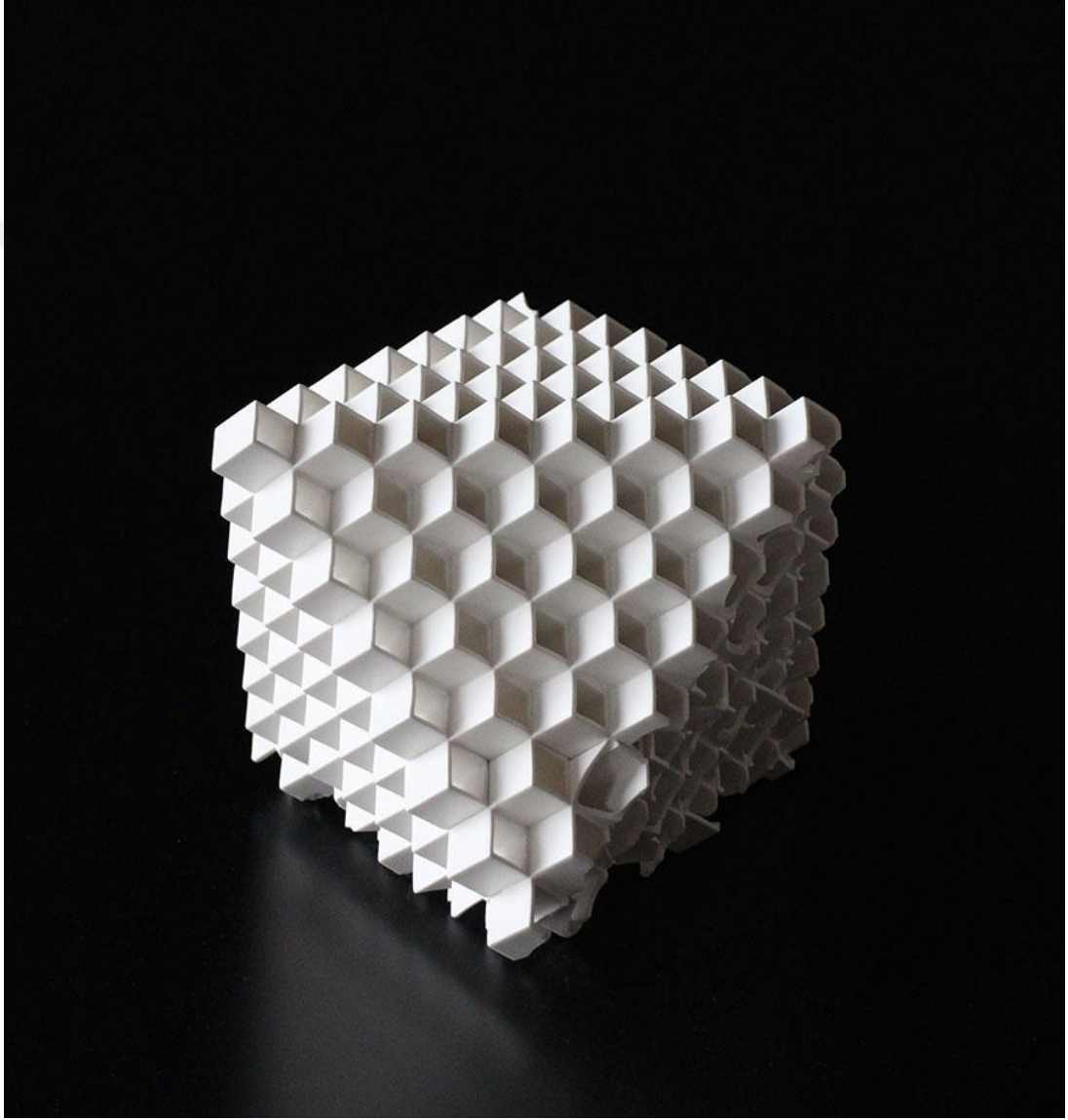


Kaynak: jennifermccurdy.com, b.t.

Seramik sanatçısı Jennifer McCurdy porselen kil kullanarak formlarını oluşturmaktadır. Sanatçı bir demecinde eserlerinden şu şekilde bahsetmiştir; “Doğada mükemmel formlar gördüğümde, plajdaki çatlak kabuklu deniz kabuğundan mükemmel spirali açığa çıkaran tarladaki süt yosunu kabuğuna, güneş ışığına akan ışıldayan tohumlarına kadar duygu beni dolduruyor. Düzenli simetri ve doğanın formlarının asimetrisi, yaşamın büyümesini, yaşamın hareketini ortaya koyuyor.” Sanatçı doğal dokulardan esinlenen sanatçı formlarında estetik algı

kazandırmayı amaçlamaktadır. Denge unsurlarını kullanan sanatçı boşluk-doluluk ilkeleri ve birim tekrarları kullanmaktadır. Eserlerinde kilin rengini tercih eden sanatçı eserin üzerine düşen ışık-gölge oyunlarını oluşturmayı amaçlar ve mat yüzeyler elde eder. Sanatçının eserlerinde boşluk doluluk, denge, kaos gibi kavramlara genel olarak önem verdiği görülmektedir.

Şekil 50. Kouzo Takeuchi, Modern Remain Polygedron, 2015



Kaynak: kouzotakeuchi.com, b.t.

Japon sanatçı Kouzo Takeuchi birim tekrarlarının oluşturduğu inorganik yapıyla geometrik desenler oluşturmaktadır. Sanatçı eserlerinde temel olarak geometrik yapılar kullanmaktadır. Çalışmalarının belli kısımlarında ürettiği eseri

kırarak farklı boyutlar elde eden sanatçı deneysel bir çalışma sergilemektedir. Eserinde yıkılan yapıların kattığı atmosferi de gösteren sanatçı izleyiciye farklı bir deneyim yaşatır. Çalışmalarında zıtlıkları da kullanan sanatçı temelde, bugünü ve gelecekte oluşabilecek sonuçları da göstermeyi amaçlar. Eserlerinde renk kullanmayan sanatçı, ışık ve gölgeyle eserlerine derinlik ve dinamiklik katmaktadır. Porselen kilini kullanan sanatçı bu sayede ince çalışabilmekte ve estetik bir yapı oluşturmayı amaçlamaktadır.

Şekil 51. Harumi Nakashima, Ectatic Series No.6, 2002



Kaynak: mutualart.com, b.t.

1950 doğumlu Japon sanatçı Harumi Nakashima, zengin mavi noktalarla süslenmiş olan biyomorfik porselen heykelleriyle tanınmaktadır. Sanatçı yarattığı hem geleneklerden hem de işlevsellikten uzaklaşan porselen formlarıyla öne çıkmaktadır. Eserlerini el ile şekillendirerek oluşturan sanatçı pürüzsüz yüzeyler elde

etmektedir. Sanatçı, eserlerinde geometrik göz ilizyonlarına sebep olan yüzey yapıları oluşturarak görsel şölen sunmaktadır. Eser yüzeylerinde noktasal düzlemler oluşturduğunu görebiliriz. Eserlerinde mat sırlar tercih ederek nokta yapılarını sır altı boylarıyla canlı bir halde görünmesini sağlamaktadır. Sanatçı eserlerinde hareket, denge, ritim gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

Şekil 52. Fujikasa Satoko, 2015



Kaynak: cfileonline.org, b.t.

Fujikasa Satoko, formlarında doğal yapılardan esinlenmiştir. Formun yüzeyinde akışkan bir yapı oluşmaktadır. Bir kumaş veya bir bitkinin biçiminin rüzgarla birlikte hareketi gibi bir görüntü oluşturmuştur. Doğanın canlılığını eserinde gösteren sanatçı estetik bir biçim elde etmiştir. Eserinde kilin rengini kullanmayı tercih eden sanatçı biçimin yanı sıra renk ile de doğal bir görüntü elde etmiştir. Doğanın canlılığından büyük oranda etkilenen Fujikasa, eserlerine doğayı yansıtmayı

amaçladığını söyleyebiliriz. Eserde yüzeyler fraktal örüntülere de benzemektedir. Sanatçı eserlerinde hareket, uyum, ritim gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

2. KONU KAPSAMINDA 3 BOYUTLU YAZICILARLA ÜRETİLEN ESER İNCELEMELERİ

Üç boyutlu yazıcılarla özgün, zengin form ve dokulara sahip eserler oluşturmaya olanak sağlamıştır. Sanatçılar bu sayede sınırsız olanakların olduğu özgür bir alanda eser üretilmektedir. Üç boyutlu yazıcıların sınırsız üretim olanaklarına seramiğin plastik yapısıyla birlikte birleştiğinde üretim yapısının zenginleştiği görülmektedir. Birçok bakımdan devrim olarak nitelendirilen yazıcıların sanat kapsamında eser örneklerine yer verilmektedir.

Şekil 53. Olivier Van Herpt, 3D Printed Series, 2012-2019, Üç Boyutlu Yazıcıyla Porselen Üretim



Kaynak: oliviervanherpt.com, b.t.

Van Herpt, eserlerinde genellikle kilin kendi doğal rengini kullanmayı tercih etmektedir. Bu bilinçli tavrı ile; tasarım, şekillendirme ve pişirim aşamalarının tümünde, neredeyse el değmeden ürettiği formlarında doğal bir görüntü yakalamış ve formlarını sırlamadan pişirerek bu etkiyi güçlendirmiştir. Oliver van Herpt'in çalışmalarında kullanılan şekillendirme tekniği gereği, dijital-teknolojik araçların

baskınlığına rağmen tasarımlarda hem doğal dokuların hem de geometrik birimlerin düzenli tekrarları ve asimetrik kurguları ile özgün bir dil oluşturulmuştur.

Bu eserlerde doğadan gelen kilin teknolojiyle birleşimini görmekteyiz. Üç boyutlu yazıcıyla ince ayar yapılarak farklı dokular, yüzeyler, şekiller oluşturabilmektedir. Yazıcıda üretilen eser ince dilimlerle yazıcının geçiş çizgilerini incelterek pürüzsüz bir yüzey oluşturmayı amaçlamıştır. Sanatçı bir serisinde sesin ritmine göre doku oluşturmuş, yaratıcı bir üretim biçimi sergilemiştir. Doğal yapılardan üretilen ürün, nitelikleri bakımından değerli olduğu gibi estetik bakımdan da incelendiğinde doku ve biçimlerinin göz yormayan estetik bir yapıda olduğu söylenebilir. Sanatçının eserlerinde geometri, birim artı sistem, simetri gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

Şekil 54. Jonathan Keep, Iceberg, 2014, Üç Boyutlu Yazıcıyla Porselen Üretim



Kaynak: keep-art.co.uk, b.t.

Jonathan Keep, eserlerini kendi oluşturduğu 3 boyutlu yazıcıyla üretmektedir. Bunun önemli olmasının birçok nedeni vardır. Bunlardan bazıları eserlerini dijital ortamda özgün bir hale getirerek üretmek, eserlerinde doğal yapıları matematik çözümlemeleriyle bilgisayar programlarıyla oluşturmaktır. Eserlerini doğada bulunan doku ve formlardan esinlenerek matematiksel bir biçimde üç boyutlu programlarda tasarlamaktadır. Bu eserinde ise doğal buz dağlarının dokularından yola çıkmıştır. Oluşturduğu tasarımları, sonrasında yazıcıya aktararak üreten sanatçı doğada

bulunan doku ve biçimleri kullanarak eserlerini amorf bir yapıya dönüştürmeyi amaçlamıştır. Eserlerinde sır kullanmayarak formun mat ve kilin renginde kalmasını istemektedir. Bunun nedenlerinden biri ışık ve gölgenin eserlerinde yüzeyleri belirgin hale getirmesi ve dokuların öne çıkmasını sağlamayı amaçlamasıdır. Formlarında doğal dokuları buzdağına benzeterek ona estetik bir görünüm kazandırmıştır. Sanatçının eserlerinde doğa, kaos, fraktal gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

Şekil 55. Anish Kapoor, Cement Room, 2018, Üç Boyutlu Yazıcıyla Çimentoyla Üretim



Kaynak: anishkapoor.com, b.t.

Ünlü sanatçı Anish Kapoor sıvı haldeki çimento hammaddesinden eserlerini üç boyutlu yazıcı mantığına çok yakın büyük makinelerde oluşturmaktadır. Yüzeyinde doğal dokuları oluşturduğu bu eserin temelinde eklemeli üretime örnek bir çalışma sergilemiştir. Ünlü sanatçı 3 boyutlu yazıcılarla oluşturduğu eserinde doku çalışmalarına önem vermiştir ve bu sayede ona yapısal derinlik kazandırmıştır. Figürlerinde yoğun doku oluşturmayı amaçlamıştır. Ünlü sanatçı birçok alanda farklı malzemelerle oluşturduğu çalışmaları ile bilinir. Sanatçının yenilikçi bir tutum

sergilemesi sayesinde üç boyutlu yazıcılarla çalışmıştır. Bu çimento eserleri doku bakımından oldukça zengin amorf bir yapıya sahiptir. Eserinde çimentonun rengini değiştirmemiş doğal halde bırakmayı seçmiştir. Sanatçının eserlerinde hiyerarşi, hareket, uyum gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

Şekil 56. Michael Eden, Soho, 2015-2016, Üç Boyutlu Yazıcıyla Plastik Üretim



Kaynak: michael-eden.com, b.t.

Michael Eden tarafından tasarlanan bu eser 3 boyutlu yazıcıda plastik materyal kullanılarak üretilmiştir. Bu teknoloji sayesinde geleneksel endüstriyel üretim tekniklerini kullanarak oluşturamayacağı bir eser üretmiştir. Eser genellikle geometrik biçimlerde dijital olarak tasarlanmıştır. Sanatçı bu eserinde vazo formunun ve eserde görülen imgelerin vida, somun ve bunun gibi malzemelerin dijital ortamda uzatılmasıyla oluşan şekiller bitki formlarını andırmaktadır. Sanatçı böyle bir oluşumla anlatmak istediği dijital dünyanın günümüzde tüm hayatımızı ele geçirmesini eleştiren, doğadan uzaklaşmamızı simgeler ve formlarının yatay olarak

uzatılmış bitki formuna dönüşmesiyle büyük bir ironi oluşturmuştur. Eserlerinde form olarak klasik vazo tercih etmesinin nedeni ise geçmişten günümüze gelen süreci gözler önüne sermeyi istemesidir. Eser, doğal dünyayla da ilgili olan çağdaş sanat eserlerine örnek olarak gösterilebilir. Sanatçı eserlerinde farklı biçimleri kullanmak istemekte ve izleyiciyi şaşırtmaktadır. Sanatçı eserlerinde üç boyutlu yazıcının getirdiği imkanları araştırarak kullanmaya çalışmaktadır. Bu eserlerin sanatçının yenilikçi yapısına uygun deneysel çalışmalar olduğunu göstermektedir. Sanatçı bu sayede özgün bir dil oluşturmuştur. Eserlerinde zıtlık, doğa, geometri gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.



Şekil 57. Yao Van Den Heerik, 2012-2019, Üç Boyutlu Yazıcıyla Seramik Üretim



Kaynak: 3dclayprinting.com/author/yao-van-den-heerik, b.t.

Yao Van Den Heerik isimli sanatçı oldukça deneysel çalışmalara sahiptir. Bu eserlerini kendi ürettiği ve geliştirdiği üç boyutlu yazıcılarla oluşturmakta; bu da deneysel eserlerini üretmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede yazıcılarını sürekli geliştirerek yüzey kalitelerini artırmaya odaklanmıştır. Yazıcıların birkaç versiyonunu oluşturmuş ve bu sayede yazıcılarını baskı kalitesi olarak geliştirmiş ve hassaslaştırmıştır. Birim artı sistem gibi yapıları kullanan sanatçı form yapısı olarak silindir, küp gibi biçimleri kullanmıştır. Ürettiği eserlerde fraktal örüntüleri görmek mümkündür. Bunun yanı sıra formların içine dokusal zenginlik katarak formu işlevinin dışına çıkarmıştır. Kar tanesinin sistematik yapısında görülen formları oluşturarak yazıcının sınırlarını zorladığı gibi yazıcıyı halen geliştirmektedir.

Sanatçının eserlerinde geometri, orantı, tasarım gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

Şekil 58. Emre Can, Seljuk Series, 2019, Üç Boyutlu Yazıcıyla Porselen Üretim

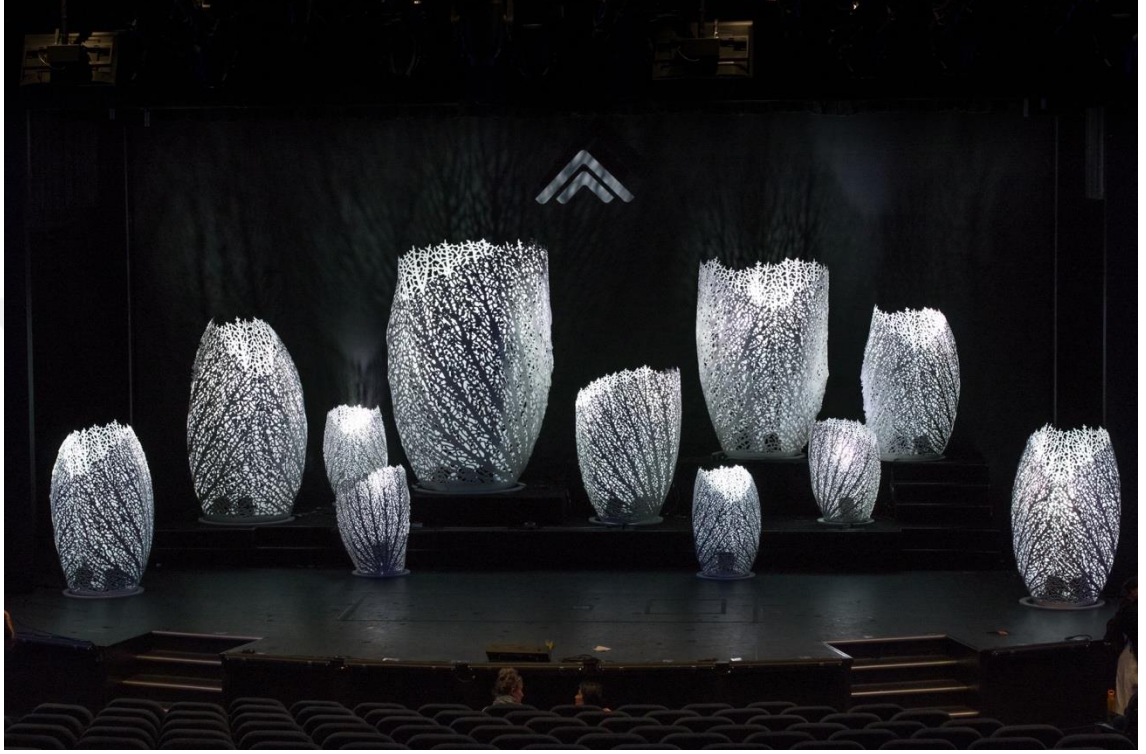


Kaynak: emrecanceramic.com, b.t.

Emre Can eserlerini öncelikle bilgisayar ortamında tasarladıktan sonra üç boyutlu yazıcılarla üretmektedir. Kendi yazıcısını oluşturan sanatçı temelde geometrik yapılarla karşımıza çıkar. Vazo biçiminde amorf bir yapıya sahip olan eserler üretmektedir. Bu eserlerin bir diğer özelliği de iç geometrik yapısının forma göre devam etmesidir ve bu sayede formlara derinlik kazandırmasıdır. Sanatçı, Selçuklu serisinde yoğun olarak geometrik yapı ile karşımıza çıkmaktadır. Eserlerinde geometrik yapıyı formun içyapısıyla birleştirerek ayrı uyum sağlamıştır. Bu eserinde formun yüzeyinde geometrik yapıyı korumuş ve formu ona göre tasarlamıştır. Ürettiği eserde katmanları ince tutarak yatay çizgilerin neredeyse görünmemesini sağlamayı amaçlamıştır. Selçuklu formlarından bağımsız olarak

desenlerini form olarak oluşturan sanatçı formlarında sır kullanmayarak çamurun kendi rengini mat halde oluşturmayı tercih ettiği görülmektedir. Sanatçı eserlerinde geometri, kontrast, tasarım gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

Şekil 59. *Nervous System, Summit at sea installation, 2016, Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim*



Kaynak: n-e-r-v-o-u-s.com, b.t.

Nervous System stüdyoları Massachusetts, Amerika’da yer alan, bilim, sanat ve teknolojinin kesişiminde çalışan üretken bir tasarım stüdyosudur. Tasarımları üretmek için bilgisayar simülasyonu ve ürünleri gerçekleştirmek için dijital üretim yapan sanatçılar çok yönlü olmaları sebebiyle yaratıcı üretim anlayışı benimsemişlerdir. Doğal olaylardan ilham alarak, doğada bulunan süreç ve kalıplara dayanan dijital bir üretim sağlamaktadırlar. Tasarımcılar çok yönlü olmaları sebebiyle ev eşyaları, takı tasarımları, kıyafet ve sanat eseri gibi birçok ürün veya eser üretmektedirler. Eserlerinde fraktal yapıları oldukça yoğun bir şekilde kullanan tasarımcılar formların yüzeylerinde ve biçimlerinde estetik bir görünüm sağlamayı amaçlamaktadırlar. Tasarımcılar yeni teknolojileri kullanmaları sebebiyle ürünlerini sonsuz tasarım çeşitliliği ve kişiselleştirmeye izin veren bir yapıda olmaları sayesinde yeniliğe açık bir yapıda üretmektedirler. Bu tasarımda ise üç boyutlu

yazıcılarda üretilen aydınlatma tasarımı bitki yapılarından esinlenmiştir(Şekil 59). Tasarımlarında fraktal örüntülere yer veren tasarımcılar özgün bir yapıyla ürünlerini üretmektedirler. Tasarımcı ürünlerinde geometri, doğa, fraktal gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

Şekil 60. Ak Ceramic Center Seong-Man Ahn, 2012-2019, Üç Boyutlu Yazıcıyla Seramik Üretim



Kaynak: akcc-info.com, b.t.

Güney Koreli sanatçı eserlerinde form olarak klasik yapıları tercih etse de doku bakımından zengin bir yapıyla karşımıza çıkmaktadır. Eserlerinde geometri, kontrast kavramları irdeleyen sanatçı dijital ortamda eserlerini tasarlamaktadır. Eserlerini üç boyutlu yazıcılarda oluşturmaktadır. Formları ince katmanlarla oluşturarak çizgileri en aza indirmeye çalışmaktadır. Sanatçı bunun dışında birçok

yazıcı tipiyle çalışarak farklı alanlarda eserler üretmektedir. Sanatçı duyguları uyaran eserler üretmeyi amaçlamaktadır.

Güney Kore’de bulunan Ak seramik merkezinde çalışmalarına devam eden sanatçı, eğitimci kişiliğiyle de ön plana çıkmaktadır. Sanatçı ve eğitimci farklı alanda eser ve ürün üretmektedir. Ürettiği tüm eserleri sosyal medya aracılığıyla paylaşarak sergilemektedir.

Şekil 61. Sanver Özgüven, 3D Printed Vase, 2018, Üç Boyutlu Yazıcıyla Seramik Üretim



Kaynak: sanverozguven.com, b.t.

Sanver Özgüven, eserlerini dijital ortamlarda oluşturarak yazıcıya hazır hale getirmektedir. Sanatçı üç boyutlu yazıcılarda oluşturduğu eserlerinin yüzeyinde dokusal yapıları yer vererek forma hareket katmaktadır. Formun yapısını destekleyen çizgisel hatları doğal dokulardan oluşturmaktadır. Sanatçı eserlerinde

geometrik yapılar ve doğal dokuları kullanarak düzenli düzensiz dokularla eserlerini oluşturmaktadır. Eserlerinde dokusal bakımdan zengin bir yüzey elde etmeye amaçlar. Formlarında sır kullanmayan sanatçı eserlerini üretirken katmanları ince tutarak katman çizgilerini görünemeyecek halde çalışmaktadır. Sanatçının eserlerinde geometri, uyum, tasarım gibi kavramlara önem verdiği görülmektedir.

Şekil 62. Alterfact Studio, 2018, Üç Boyutlu Yazıcıyla Seramik Üretim



Kaynak: alterfact.net, b.t.

Alterfact, 2014 yılında Lucile Sciallano ve Ben Landau tarafından yaratılan deneysel bir tasarım stüdyosudur. 2013 yılında Eindhoven Tasarım Akademisi'nden mezun olduktan sonra Lucile ve Ben, farklı ortamlarda çeşitli konularda birlikte çalışmıştır. Mevcut ve gelecekteki sorunları araştırıyorlar, bunları enstalasyonlara ve

nesnelere çeviriyorlardı. Bu eserleri üretirken teknolojiden de faydalanan sanatçılar deneysel çalışmalarını sürdürmektedir. Dijital ortamda tasarladıkları eser veya ürünleri üç boyutlu yazıcılarla üretmektedirler. Eserlerinde kasıtlı olarak katmanların tek bir noktada yön değiştirmesini amaçlamışlar, bu sayede oluşan katmanlar formun dışına çıkarak dağılan bir yapıya dönüşmüştür. Böylelikle estetik bir yüzey elde etmişlerdir. Katman kalınlıklarının ince yerine ortalama yükseklikle kullanılan formlardaki çizgiler belirgin olarak görülmektedir. Eserlerinde sır kullanmayıp formun yüzeyini olduğu gibi bırakarak sade bir yapı oluşturmayı amaçlamışlardır.

Şekil 63. Lilian van Daal, Biomimicry Chair, 2014



Kaynak: lilianvandaal.com, b.t.

Tasarımcı çalışmasını üç boyutlu yazıcıda tamamlamış olup tasarımı oluştururken alanda araştırma yapmıştır. Bu sayede ürünü üretirken doğada bulunan fraktal örüntülere sahip bitki hücre yapılarından esinlenerek kavramsal bir sandalye geliştirmeye karar vermiştir. Sandalyeyi oluştururken yenilikçi bir çerçevede çözümlenmiştir. Bitki hücrelerinin yapısı sayesinde yüzeyi oldukça estetik bir görüntüye sahiptir. Tasarımcı, malzemelerin nasıl dağıldığına bağlı olarak farklı davranış gösteren yapıların baskı yöntemlerini değiştirerek bazı alanların esneyebilirlik gösteren bir yapıda oluşmasını; diğer bölümlerin sert bir yapıda olmasını sağlamıştır. Tasarımcı bunun yanında malzeme yoğunluğunu oturma

yerlerinde azaltarak yumuşak bir yapı elde etmiştir. Bunu yaparken birçok defa yazıcılarda malzeme deneyen tasarımcı en uygun yoğunluğu deneyerek çözümlenmiştir. Sandalyenin şekli, 3D bilgisayar modelleme yazılımı kullanılarak modellenmiştir, ancak tasarımını oluştururken tasarımcı malzemeyi en verimli şekilde dağıtan formlar oluşturabilmesi için daha karmaşık bir optimizasyon ve stres analizi yazılımı kullanarak ürünü son haline getirmiştir.



SONUÇ

Evreni gözlemleyerek öğrenen insanoğlu, temelde doğada bulduğu nesneleri dönüştürüp araç olarak kullanarak kendisini geliştirmeye başlamıştır. Bu sayede tasarım yapan kişi insanlığın doğuşuna kadar gitmektedir. İnsanlığın doğuşundan günümüze geldiğimiz süreçte fraktal örüntülerin en küçük birimden evrenin işleyişine kadar açıklama gücünün olduğu örneklerle karşılaşılmaktadır. Fraktal örüntülerin bu gücü oluşturulan eserlerde kullanımını da çekici hale getirmiştir.

Fraktal yaklaşımları ve dijital dünyanın gösterdiği gelişme ile günümüzde doğayı anlayabilmemiz için yeni kapılar açılmıştır. Keşfedilmeyi bekleyen örüntülerin olduğunu bilmek bu konuda yapabileceklerimizin sınırı olmadığını göstermektedir. Doğayı anlamak ve gizemini çözmek için fraktal yapılardan esinlenmek insanoğlunu geliştirmiş ve üretkenliğini arttırmıştır. Bu bakımdan insanlığın gelişimi için çok önemli olduğu gözlemlenmektedir. Yapılan bu çalışmada, günümüzde dijital dünyanın getirdiği olanaklarla insanlık için hayati öneme sahip doğanın içinde bulunan, doğayla yakınlaşmamızı sağlayan fraktal örüntülerin sanat eserlerinde etkilemektedir.

Bu çalışmada fraktal boyutların kapsamının oldukça geniş olduğunu ve keşfedilmeye devam edilen bir alan olduğu görülmektedir. Günümüzde fraktal örüntülerin ve doğada var olan fraktal yapıların tamamının çözülmediği ve birçok fraktal örüntülerin keşfedilmesiyle birlikte oldukça zengin örüntülere sahip olacağı görülmektedir.

Dijitalleşen dünyada birçok dijital teknoloji hayatımızı değiştirdiği gibi sanat yapısını da değiştirmektedir. Sanat kavramı dönemindeki şartlara uyum sağlar ve döneminin şartlarından beslenir. Dijital dünyanın getirdiği hızlı gelişen açık kaynak kodlu yazıcılar buna en büyük örneklerden biridir. Sanat ve dijital yapıların eğilimleri incelendiğinde, üç boyutlu yazıcıların günümüzde ve gelecekte önemi artacağı görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Alptekin, H., Güney, T. (1994). *Fraktal Oluşumun Grafik Açılımı*, Arredamento Dekorasyon, Cilt:5, Sayı:53, Ss. 108-111.
- Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi*, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Anasanat Dalı Yayınları, İstanbul.
- Bergil, M. S. (1993). *Doğada, Bilimde, Sanatta Altın Oran*, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul.
- Bilici, İ. (2015). *Seramik Ders Notları*, 20 Mayıs 2018, http://web.hitit.edu.tr/dersnotlari/ibrahimbilici_01.01.2018_7Q4C.pdf.
- Çağlarca, S. (1997). *Altın Oran*, İnkılap Kitabevi, İstanbul.
- Çavuş, M., F., İnce, Z., Yakut, E., Akbulut, M., Güloğlu, U., Kalkan, A. (2016). *Kaos ve Durumsallık: Bir Değerlendirme*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt:13, Sayı:2, Ss. 205-224.
- Çobanlı, Z., ve Okur, E. (2006). *Seramik Yüzey-Mekan İlişkisi ve Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Keramik Bölümü Eğitim Programındaki Yeri*, Anadolu Sanat, Eskişehir.
- Daşdağ, F. E. (2009). *Güzel Sanatlar Fakültelerinde Keramik Tasarımı ile İlgili Derslerde Uygulanan Yöntemlerin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Dr. Nejat F. Eczacıbaşı Vakfı. (1997). *Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi*, YEM Yayınları, İstanbul.
- Erman, D. O. (2012). *Türk Seramik Sanatının Gelişimi: Toprağın Ateşle Dansı*, Online Thematic Journal of Turkic Studies, Sayı 1 Ocak 2012, Ankara.
- Griffiths A. (2014). *Biomimicry chair by Lilian van Daal replaces traditional upholstery with 3D-printed structure*, 22 Mart 2018, https://www.dezeen.com/2014/08/05/biomimicry-3d-printed-soft-seat-chair-by-lilian-van-daal/?utm_medium=email&utm_campaign=Dezeen+Mail+214&utm_content=De

zeen+Mail+214+CID_28e6d1b2512c4eea2b75614f873783e0&utm_source=Dezen%20Mail.

- Gülderen, D. (2017). *Fraktal Geometri'nin Plastik Sanatlarda Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Gümüş, A. (2015). *Üç Boyutlu Tasarımların Bilgisayar Teknolojisinde Uygulanması*, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Haak, S. (1976). *Transformation geometry and the artwork of MC Escher*, Mathematics Teacher, Cilt: 69, Sayı:8, Ss. 647-652.
- Hacızade, F. (2014). *Seramik Alanında Kullanılan Terim ve Kavramlarda Türkçenin Durumu*, Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi, Cilt: 1 Sayı:35, Ss. 39-54.
- Huson, D. (2014). *3D Printed Ceramics For Tableware, Artist/Designers And Specialist Applications*, Centre For Fine Print Research, Bristol, England.
- Kara, F. N. (2000). *Plastik Sanatlarda Matematik*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Karaçeper, S. (2018). *Dijital Teknoloji ve Grafik Tasarımda Yenilikler*, Aydın Sanat, Yıl:4 Sayı:8, Ss.73-83.
- Kaya, A. (2016). *Fibonacci Dizisi Nedir? Nerelerde Kullanılır?*, 19 Mayıs 2018, <https://www.tech-worm.com/fibonacci-dizisi-nedir-nerelerde-kullanilir>.
- Martinez, E.H.V. ve Can, E. (2016). *Bilgisayar Destekli Seramik Üretim Yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar ve Günümüz Koşullarında Uygulama Örneği*, Anadolu Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, Eskişehir.
- Crowe, J. (2015). *3D Prints Ceramic Icons of the Industrial Revolution*, 09 Ekim 2018, <https://cfileonline.org/michael-eden>.
- Mülayim Oral, E. (2005). *Türkiye'de Çağdaş Seramik Sanatının Gelişimi*, 05 Mayıs 2017, <https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11421/897/266964.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Oğuz, D. (2013). *Çağdaş Sanatta Doğa*, Sanatta Yeterlilik Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Özgündoğdu, A. F., (b.t.) *Seramik Üretiminde Çağdaş Bir Biçimlendirme Yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar*, 10 Nisan 2018, <https://feyzacakir.files.wordpress.com/2014/10/a-feyza-c3b6zgc3bcndoc49fdutam-metin.pdf>.
- Özguven, S. (2015). *Seramik Sanatında Üç Boyutlu Yazıcıların Yeni Bir İfade Biçimi Olarak Kullanılması*. İdil Dergisi, Cilt:4, Sayı:18, Ss.167-183.
- Öztürk, N. (2001). *Tasarım Sürecinde Yaratıcılık Yöntemlerine Kuramsal Bir Yaklaşım*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Peterson, S. ve Peterson, J. (2009). *Seramik Yapıyoruz*, Karakalem Yayınevi, İzmir.
- Schattschneider, D. (2010). The mathematical side of MC Escher. *Notices of the AMS*, Cilt:57, Sayı:6, Ss.706-718.
- Sözen M. ve Tanyeli U. (2005). *Sanat Kavram ve Terimleri Sözlüğü*, Remzi Kitabevi, İstanbul.
- Tekkanat, N. (2006). *Altın Oran'ın Kaynakları ve Sanat'a Yansımaları*, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Tepe, E. (2014). *Plastik Sanatlarda Fraktal*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Turani, A. (2010). *Sanat Terimleri Sözlüğü*, Remzi Kitabevi, İstanbul.
- Türedi Özen, A. (1993). *Ateşin Toprağa Hükmettiği Sanat*, 25 Nisan 2017, <https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11421/1070/98758.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Uludağ, K. (1997). *Seramik Sanatının Kimlik Sorunu*, 25 Nisan 2017, <https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11421/1273/126333.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Yaşar, B. (2015). *10 Temel Tasarım İlkesi*, 05 Mayıs 2019, <http://www.tasarimgunlukleri.com/2015/09/17/tasarim-prensipleri>.

Yılmaz, D. (2013). *Doğanın Fraktal Geometrisi*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.

