İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FRAKTAL GEOMETRİ VE ÜRETKEN SİSTEMLERLE MİMARİ TASARIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar F. Betül DEĞİRMENCİ

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : MİMARİ TASARIM

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FRAKTAL GEOMETRİ VE ÜRETKEN SİSTEMLERLE MİMARİ TASARIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar F. Betül DEĞİRMENCİ
(502041014)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Ocak 2009

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Orhan HACIHASANOĞLU
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Gülen ÇAĞDAŞ (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Ayfer AYTUĞ (Y.T.Ü.)

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca; İTÜ ve Politecnico di Milano'da eğitim süresince bana her zaman yol gösteren, tezime yaptığı öneriler, değerlendirmeler, katkılarla ve yardımlarla başarımda en büyük pay sahiplerinden biri olan danışmanım Prof. Dr. Hacıhasanoğlu'na; Politecnico di Milano'daki eğitimim süresince beni yönlendiren ve verdikleri fikirlerle tezimin gelişmesine yardımcı olan danışmanlarım öğretim üyesi Arch. Massimiliano Spadoni ve Prof. Remo Dorigati'ye; likenler konusundaki araştırmalarımda yardımcı olan Marmara Üniversitesi öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Gülşah Çobanoğlu'na;

Benden hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili kardeşim Berrin Değirmenci'ye ve her konuda, her alanda yanımda olan aileme ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Aralık 2008

F. Betül Değirmenci

Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR ..... **vii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
ÖZET ..... **x**
SUMMARY ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Problem Alanı ve Tanımı 1
1.2 Araştırmanın Amaç ve Kapsamı 3
1.3 Araştırmada İzlenen Yöntem 4
2. MİMARİ TASARIM, KAOS TEORİSİ VE FRAKTAL GEOMETRİ **6**
2.1 Mimarlık, Tasarım ve Geometri 6
2.1.1 Altın oran 7
2.1.2 Fibonacci serisi 9
2.2 Fraktal ve Fraktal Geometri Kavramı 12
2.2.1 Fraktal dönüşüm kavramı ve hesaplama sistemleri 19
2.2.1.1 Curdling yöntemi 21
2.2.1.2 Kutu sayım yöntemi 21
2.3 Kaos Teorisi ve Fraktal Geometri 23
2.3.1 Geniş ölçekte kaos 24
2.3.2 Deterministik kaos ve rastlantısallık 26
2.4 Mimarlık ve Fraktal Geometri 27
2.4.1 Mimaride fraktal kurgu örnekleri 28
2.4.2 Organik mimarlık 32
2.4.3 Günümüz mimarlığı ve fraktal kurgular 34
2.5 Üretken Algoritmalar 38
2.5.1 Fraktal geometri ve üretken algoritmalar 38
3. DOĞADA VE MİMARİDE FRAKTALLER **40**
3.1 Biyolojide Fraktaller 40
3.2 Liken Biyolojisi 41
3.2.1 Simbiyoz yaşam ve liken fizyolojisi 44
3.2.2 Ekolojik değer 44
3.2.3 Kullanım alanları 44
3.3 Likenler ve Fraktaller 45
4. MİMARİ BÖLGEDE LİKENLERİN FRAKTAL KURGUSUNA DAYALI BİR TASARIM **49**
4.1 Projede Kullanılan Liken: Strangospora Pinicola 49
4.2 Seçilen Bölgede Analiz 50
4.3 Kutu Sayım Yöntemi ile Hesaplama 52
4.4 Proje Konseptinin Oluşturulması 55
4.5 Üretken Model 58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **65**
5.1 Üretken Modelin Değerlendirilmesi 66

KAYNAKLAR 68
ÖZGEÇMİŞ..... 72

KISALTMALAR

IFS **:** Iterated Function Systems
LOG **:** Logaritma

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Doğru parçasının altın kesimi..... 7
Şekil 2.2 : Altın kesimin geometrik çizimi. (Url-1) 9
Şekil 2.3 : Altın dikdörtgen. (Bergil, 1993)..... 10
Şekil 2.4 : Archillea ptarmica. (Url-2)..... 11
Şekil 2.5 : Fibonacci Dizisi. (Url-2) 11
Şekil 2.6 : Ayçiçeği. (Url-2) 12
Şekil 2.7 : Fraktal setler. (Gregory Sams/Science Photo Library) 13
Şekil 2.8 : Lineer olmayan matematik. (Stephen Johnson/Tony Stone Images)..... 13
Şekil 2.9 : Mandelbrot Set. (Stephen Johnson/Tony Stone Images) 14
Şekil 2.10 : Mandelbrot fraktal set. (Bilim ve Teknik, 1995)..... 15
Şekil 2.11 : Fraktal set. (Bilim ve Teknik, 1995) 16
Şekil 2.12 : Koch eğrisinin geliştirilme aşamaları. (Bovill, 1996) 17
Şekil 2.13 : Başlangıcı çember ve kare olan IFS. (Bovill, 1996) 18
Şekil 2.14 : Koch Curve'in Barnsley Fern'e çevrimi. (Bovill, 1996) 19
Şekil 2.15 : Composition with Black, Red, Grey, Yellow and Blue, Piet Mondrian. (Url-3) 20
Şekil 2.16 : Kırmızı ve mavi sandalye, Gerrit Rietveld. (Url-3) 21
Şekil 2.17 : Frank Lloyd Wright- Robie House. (Lorenz, 2002)..... 22
Şekil 2.18 : Frank Lloyd Wright- Robie House. (Lorenz, 2002)..... 22
Şekil 2.19 : Kaos. (BilimTeknik, 1995)..... 23
Şekil 2.20 : Doğada mercanlar. (Bilim ve Teknik, 1995)..... 25
Şekil 2.21 : Erken dönem mimaride fraktal örnekler. (Lorenz, 2002) 27
Şekil 2.22 : Ba-ila Yerleşmesi, Güney Zambia. (Url-4)..... 29
Şekil 2.23 : Avrupa'da fraktal etkiler. (Url-5)..... 29
Şekil 2.24 : Eiffel Kulesi. (Url-6) 30
Şekil 2.25 : Eiffel Kulesi detaylar. (Url-6) 31
Şekil 2.26 : Hindistan'da tapınaklar. (Url-7)..... 31
Şekil 2.27 : Frank Lloyd Wright- Prairie houses. üstte:1909, Robiehouse,at Chicago altta : 1906, Darwin Martin house, Buffalo (Bovill, 1996)..... 32
Şekil 2.28 : Le Courbusier, Nature Morte à la Pile D'assiettes. (Url-8)..... 33
Şekil 2.29 : Le Corbusier - Villa Savoye. (Url-8)..... 34
Şekil 2.30 : Moshe Safdie - Habitat '67/ Montreal, Canada. (Url-9) 35
Şekil 2.31 : Moshe Safdie - Habitat '67/ Montreal, Canada. (Url-9) 35
Şekil 2.32 : Jean Nouvel, 1988-L'Institut du Monde Arabe/ Paris, France. (Url-10) 36
Şekil 2.33 : Jean Nouvel, 1988-L'Institut du Monde Arabe/ Paris, France. (Url-10) 36
Şekil 2.34 : Greg Lynn, 1998-Embryo House (Casa Embrião). (Peter Zellner, Hybrid Space, 2000)..... 37
Şekil 2.35 : Bernard Tschumi-Parc la Vilette/Paris. (Url-11) 37
Şekil 2.36 : Bernard Tschumi-Parc la Vilette/Paris. (Url-11) 38
Şekil 2.37 : Bernard Tschumi-Parc la Vilette/Paris. (Url-11) 38
Şekil 2.38 : Zvi Hacker - Galinski school/Berlin, Germany. (Url-12) 39

Şekil 3.1 : Biyolojide kendine benzerlik. (Url-13) 40
Şekil 3.2 : Bryoria fremontii ve Evernia prunastri dalsı liken türleri. (Çobanoğlu, 2005) 42
Şekil 3.3 : Liken türleri; kabuksu, pulsu, yapraksı, dalsı. ((Url-14) 43
Şekil 3.4 : Cladonia fimbriata. (Çobanoğlu, 2005) 43
Şekil 3.5 : "Heteromerik tallus''enine kesitte tabakalar: Korteks, alg tabakası gonid, mantar tabakası medulla. (Url-14) 43
Şekil 3.6 : Liken ve artropod. (Url-15) 47
Şekil 4.1 : Strangospora Pinicola. 49
Şekil 4.2 : İTÜ Maslak Kampüsü 50
Şekil 4.3 : İTÜ Maslak Kampüsü Çevresi. 51
Şekil 4.4 : İTÜ Maslak Kampüsü, Gölet ve Çevresi. 52
Şekil 4.5 : x = 3, y = 2 Çevrimi 52
Şekil 4.6 : x = 6, y = 4 Çevrimi 53
Şekil 4.7 : x = 12, y = 8 Çevrimi. 53
Şekil 4.8 : x = 24, y = 16 Çevrimi. 53
Şekil 4.9 : x = 48, y = 32 Çevrimi. 53
Şekil 4.10 : Çevrimlerin sonucunda fraktal değer. 54
Şekil 4.11 : Proje Konsepti.. 55
Şekil 4.12 : Modül Oranları. 57
Şekil 4.13 : Vaziyet Planı. 58
Şekil 4.14 : Analizler. 59
Şekil 4.15 : Analizler 60
Şekil 4.16 : Fonksiyon Analizi. 61
Şekil 4.17 : Fonksiyon Analizi 62
Şekil 4.18 : Kesitler. 63
Şekil 4.19 : Modeller. 64

FRAKTAL GEOMETRİ VE MİMARLIK

ÖZET

Tarihten günümüze mimarlık kavramı geniş bir perspektifte incelendiğinde, her dönem farklı tasarım kriterleriyle mimari öğelerin üretildiği gözlemlenmektedir. Yapı tasarımlarına bakıldığında Öklid geometri şekillerinin – tuğlalar, çelik profiller, plakalar – üretim ve pazarlamada basit çözümlerle sunulduğu ve Öklid'in etkin olarak kullanıldığı tasarımlar biçimsel olarak farkedilmektedir. Diğer yandan bazı mimari akımların doğa tabanlı olduğu açıkça görülmektedir ve birçok doğa tabanlı mimaride de fraktallerin etkin rol oynadığı söylenmektedir. Bu noktadan fraktallerin mimaride, doğadaki modellerin kopyalanmasından daha ileri boyutta kullanıldığı verisine, fraktal mimariye (fractal architecture) ulaşmak zor değildir.

Bu çalışmada, günümüz mimarisinde kullanılan farklı yaklaşımlar irdelenerek, geometrik kurgular ile mimari biçimlenme arasındaki ilişki incelenmektedir. Bu ilişkiye biyolojik tabanlı önermeler getirilerek, bir yaşam formunda simbiyoz oluşturan elemanların fraktal kurgusunda varolan ilkeler kullanılarak mimari tasarımda bir yaklaşım önerilmektedir. Bu öneri ile yüzyıllarca doğada yaşamını sürdüren bir organizmanın fraktal boyutuna dayanarak üretken bir tasarım ile yeni formların üretilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde, konunun kuramsal olarak ve uygulama alanları gözönünde tutularak; tezin amacı, araştırma kapsamı ve izlenen yöntem açıklanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümü kapsamında, mimari tasarımda fraktal geometrinin uygulama alanları incelenmiştir. Fraktal geometri ve kaos teorisi bağlantıları, deterministik kaos ve rastlantısallık ilişkisi açıklanmıştır. Kaos, fraktaller, fraktal dönüşüm kavramları ile üretken algoritmalar konuya ilişkin olarak ele alınmıştır. Kutu Sayım Yöntemi, Curdling Yöntemi, fraktal değer ve biçim oluşturma gibi yöntemler tez ile ilintili olarak açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, biyoloji temelli kuramlar ile bunların tarihsel süreç içerisinde mimari tasarımlara etkisi araştırılmıştır Biyolojide fraktalların belirlenmesi ve fraktal geometrinin bilimsel olarak nasıl kullanıldığı açıklanmıştır. Biyoloji ve fraktal geometrinin birleşim noktasının geleneksel ve modern mimaride örnekleri incelenip nasıl bir karşılık bulduğu tartışılmştır. Tezde önerilen yöntem ile ilişkili olarak seçilen, simbiyoz oluşturan bir organizma – likenler – liken biyolojisi içinde fraktaller ve likenler üzerindeki fraktal araştırmalar incelenmiştir. Likenlerin meteoroloji, kimya vb gibi çeşitli bilim dallarında kullanımları, faydaları ve mimari tasarım sürecinde araç olarak kullanım sebepleri ile liken-yüzey-fraktal ilişkisi açıklanmıştır. Proje kapsamında Türkiye'de konuyla ilgili araştırmalar üzerinden, liken fraktalleri ve mimari üretken sistemler çerçevesinde bir okuma yapılmıştır.

Dördüncü bölümde, çalışma kapsamında önerilen yaklaşım dâhilinde, konuyla ilgili yapılan araştırmalar sonucu, Türkiye'de farklı bölgelerden seçilmiş likenlerin arasından hangi türün seçildiği açıklanmış; kullanım sebepleri ve bu likenin fraktal

boyutunun kutu sayım yöntemi ile hesabı yapılmıştır. Liken türünün fraktal boyutunun projelendirileceği bölge seçilmiştir. Alınan sonuçların, proje tasarım aşamasında kullanım alanı ve yöntemi tartışılmıştır. Bölgenin mevcut doku analizi yapıldıktan sonra; coğrafi, kültürel, topografik özellikler de göz önünde tutularak, biyolojik tabanlı fraktal kurguya dayalı yeni bir doku oluşturulmuştur.

Sonuç bölümünde, tez kapsamında önerilen yaklaşım uygulanmıştır. Doğa tabanlı ve fraktal kurguya dayalı olarak ortaya çıkan tasarımın değerlendirilmesi yapılmıştır. Mevcut olduğu dokudan bağımsız olarak tasarlanan projenin, fraktal hesaplar sonucu oluşan yeni dokusuyla eskisi karşılaştırılmıştır. Bir bitki ve hayvanın birbirlerini besledikleri ve birinin diğerini görünür kıldığı - simbiyotik bir alan - ortak yaşamdaki kaosu fraktal geometriyle çözmek; biyolojiyi matematiksel bilime oturtmak ve bunu mimarlığa uyarlamak mimari tasarım bağlamında tartışılmıştır. Tezde elde edilen bulguların günümüz mimarlığına sağlayacağı katkılar ve uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

FRACTAL GEOMETRY AND ARCHITECTURE

SUMMARY

The concept of "architecture" is analyzed in the wide perspective since its early times, it is observed that in every time period within the distinct criteria architectural components have been produced. In the case of structural design; the shapes of the Euclid Geometry – bricks, steels, profiles, plates – are presented in manufacturing and marketing with easy solutions. Besides, the designs in which Euclid Geometry is used effectively are no surprise to encounter. On the other hand, it is clearly seen that some architectural trends are based on the nature and it is supposed that in some of this type of architecture, fractals are playing the key role. At this point, it is not hard to reach the further: Instead of copying the existing models in the nature, the real fractal architecture.

In this study, while the approaches which are used in today's architecture are examined, the relation between geometrical fictions and architectural formations are also observed. In this context of relation, a biology based architectural design is presented and in the same direction an approach is proposed by using the principles which are already existed in the fractal fiction elements. With this proposition, based on the fractal dimension of the organism that maintains its life for the centuries, new formations are the first targets to be reached in this generative approach.

In the first part of this study, the purpose of the thesis, the scope of the research and the methodologies are asserted in terms of theoretical and practical field.

In the second part, the practical field of the fractal geometry in the architectural design is observed. The connection between the fractal geometry and chaos theory and the correlation of the deterministic chaos and randomness are explained. Chaos, fractals, fractal hierarchy and the concept conversion and productive algorithms are examined in this view of issue. The Box Counting Method, Curdling Method, Fractal Dimension are explained connected with the study.

In the third part, theories based on biology and the effects of these theories to architectural designs in time period are researched. The determination of the fractals in biology and also how the fractal geometry is used as scientific are described. It is argued that how the combination point of the biology and fractal geometry is referred in traditional and modern architecture via checking the samples. Related with the method proposed in thesis, an organism that composes a symbiosis – lichens–, within the lichen biology fractals and the researches about the lichen's fractals are investigated. In Turkey, a reading is achieved included lichen's fractals and architectural productive system.

In the fourth part, the lichen's species which were selected in various areas in Turkey are described and the fractal dimensions of the selected lichen is calculated by the Box Counting Method. The results are argued in terms of the methodology and the project design phase. By using the approach recommended in the study, the area in

which the fractal dimensions of lichens are projected is chosen. After an urban and architectural analysis of this area, with the generation of fractal rule oriented pattern, cultural, topographical and geographical futures; algorithms are developed and modeling in a new biology based texture –generative approach– is built.

In consequence, the same approach is applied. The results of the constituted design based on the nature and fractal rules are evaluated in this part. Apart from the existing texture, the new texture obtained with different calculations is compared the old texture. An alga and a fungus are feeding each other and one of them makes other one visible – a symbiotic area – solving the chaos in common life via fractal geometry, predicating biology to mathematical basis and adapted this to the architecture are argued in the architectural design context. The contributions and applicability of the symptoms achieved from this thesis are evaluated.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan bu yana; doğası gereği geçmişinden kopamamış, ancak merakı ve bilinmeze olan ilgisiyle her zaman yeniliklere açık olmuştur. Bu da her dönemde ve her alanda geleneksel ile yenilik arasında bir köprü kurulmasına sebebiyet vermiştir. Yenilik arayışı da mantıksal olarak eskinin üzerinden olası yenileşme politikalarıyla gelişmiştir. Bu bağlamda her yeninin içinde arandığında, eskiden parçalar bulunabilmektedir.

Aynı şekilde insanın geçmişiyle bağı, yaşadığı çevre ile uyumunu da gerektirmiştir. Bu uyum da, mimarlık için her zaman büyük önem taşımıştır. Çevre-insan uyumu, tarih boyunca doğa ile dengeli bir ilişki içinde süregelmiştir. Zamanla bu dengeler değişse de, doğa her zaman bir yol gösterici, insanoğluna yeni keşifleri için sonsuz bir kaynak teşkil etmiştir.

Mimaride tasarım olgusu ilk olarak, yenilik arayışları içerisinde bir amaç, sonralarda da bir araç haline gelmiştir. Doğayı taklit etme eğilimi, var olan oluşumları biçimselleştirmekte tasarım olgusunun da temelini oluşturur. Günümüz mimarlığında farklı tasarım kriterleriyle bir değişim yaşanmaktadır ve gelişen teknoloji ile geçmişten gelen bilgi ve kültür birikimi, doğadaki oluşumların dönüşümü yaşanırken, bir arada kullanılmaya başlanmıştır.

Bir sanat dalı olarak görülen mimari, teknolojik gelişmelerden oldukça etkilenmiştir ve bu şekilde tasarım sürecinde var olan probleme farklı açılardan yaklaşımlar gözlemlenmiş, bu yaklaşımlar da teknoloji ile paralellik göstererek dijital ortamda yeni çözümleri ortaya çıkarmıştır. Bu süreçte doğal betimlemeyi, olabilecek en iyi düzeyde yapaya dönüştürmek, yine teknolojiyi mimaride kullanılabilir hale getirerek gerçekleşmiştir.

1.1 Problem Alanı ve Tanımı

Tarihsel süreç boyunca insanlar kendilerini doğaya bağlayan, bir şekilde evrenin uzantısı olma anlamında var olan zincirin bir parçası olarak görüyorlardı. Newton'un

17. yüzyılda ortaya attığı ve yasalarla kanıtladığı determinist düşünce, evrenin bir makine gibi tasarlanmış olduğu ve her şeyin bir mekanik düzen içinde çalıştığı yönündeydi. Bütün bilim dünyasında aksi ispatlanmadığı ve geçerli görüş olarak kabul edildiği için, 1970lere kadar -diğer dallarda olduğu gibi- mimaride de bir düzen hâkimiyeti söz konusuydu. Euclid geometrisiyle Newton'cu yaklaşım birbirlerini tamamlıyorlardı. Bu görüş mimaride doğa ve düzen kavramlarını bir araya getirmişti. Geçmişteki mimari örnekler incelendiğinde yalın ve belirli bir düzene dayalı Euclid geometrisiyle tanımlanabilecek formlar görülmektedir.

Ancak kabul edilen Newton temelli varsayımın tersinin ispatlanması ve düşünülen düzenlilik kavramının tam aksine, düzensizlikteki bir düzen kavramının kabul edilmesi, bilimsel dünyada bir devrim niteliği taşıyan Kaos Teorisi ile olmuştur. Çok küçük görünen bir nedenin kendisinden çok daha büyük sonuçlara yol açabileceği mantığından hareket eden kaos kuramı, düzensizlik ve karmaşadan çok, bu düzensizlik içerisinde belli bir düzeni, düzenli düzensizliği anlamaya yöneliktir.

Günümüzde mimari, Kaos Teorisi ve popüler anlatımla kaosun geometrisi diyebileceğimiz fraktal kavramları ile karmaşık ve düzensiz bir tasarım ortamında şekillenmeye başlamıştır ve mimari formlarda Euclid geometrisinin etkisi azalmıştır. Fraktal kelimesi, Latince kökenlidir ve parçalanmış, bölünmüş anlamlarını taşımaktadır.

Önceleri doğa ve düzeni bir araya getirmeye çalışan tasarımcılar da, doğanın aslında düzensiz bir kurguya sahip olduğunun farkına varmış ve doğayı betimlerken Euclid geometrisi yerine fraktal geometriyi araç olarak kullanmaya başlamıştır.

Fraktal geometrinin en önemli açılımı, kaosun düzenini ortaya koymasıdır. Fraktalların en önemli özelliği de, sonsuza değin ayrıntı sunmaları, her ayrıntının da tekrar değil, ''kendine benzeme'' (self similarity) özelliği taşımasıdır. Yapılan araştırmalarda, erken dönem örneklerinden gotik katedrallerde en küçük detayların, katedrallerin tümüyle aynı özellikleri taşıdıkları görülür.

Buradan da şu sonuca ulaşmamız yanlış olmaz; fraktal kavramı her ne kadar 1970ler sonrası bilim literatürüne girmiş olsa da, mimarlık tarihinde kendine benzer öğelerden oluşmuş yapılar bulunmaktadır ve bu da fraktalların çok öncelerde mimaride kullanım alanı bulduğuna işarettir.

1.2 Araştırmanın Amaç ve Kapsamı

Teknolojik gelişmelerle paralel ilerleyen mimari yaklaşımlar, tasarım olgusunda da farklılaşmalara yol açmıştır. Doğada yaşayan organizmaların dokuları, fraktal değerlerin belirlenmesi yöntemi ile yeni tasarımlara yönelik çözümlemede kullanılabilir.

Bu çalışmada, doğada yaşayan en basit organizmalardan biri olan likenlerin fraktal kurgusunda var olan ilkelerin kullanılarak; dijital ortamda mimari tasarımda ve mimari modellerin üretilmesinde, üretken sistemler aracılığı ile yöredeki biyolojik bir örnekten yola çıkarak mimari üretken sistem oluşturmak ve mimari tasarımın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Likenlerin fraktal boyutları, doğada yaşayış biçimleri ve çevresel faktörlerin etkileri göz önüne alınarak oluşturulan bu üretken tasarım; aynı zamanda biyoloji ve geometri disiplinlerinin mimari yaklaşımdaki yansımasıdır.

Bu yaklaşım ile ortaya çıkan örüntünün var olan mimari doku ve çevreyle ilişkileri incelenebilecektir. Aynı zamanda bilim dallarını birbirinden soyutlayan engelleri aştığı söylenen kaos teorisi ve geometrisi fraktal kurguya dayalı yeni yaklaşımlarla, yeni tasarımlar yapma olanakları incelenmiştir.

Araştırma kapsamında, fraktal geometri ve Euclidin biçim gramerleri kapsamında farkları ve bunların mimaride uygulanışı irdelenmiştir.

Fraktalların bilim dünyasındaki yeri incelenirken; biyoloji, matematik ve mimarlık arasındaki ilişki ve bu bilimlerin mimari tasarımdaki etkisi, fraktal kurgu bağlamında incelenmiştir.

Doğa tabanlı bir üretken yaklaşımda kullanılacak organizma olan likenler incelenmiştir. Likenlerin bilim dünyasında ilgi ve merak oluşturmalarının ve de yapılan çok sayıdaki araştırmada kullanılma sebepleri; öncelikle hava tahminleri aracılığıyla meteorolojide kullanımları, ekolojik değerleri ve asidik bünyeleri sayesinde de kimya ve biyoloji alanlarındaki işlevsellikleridir. Ayrıca Çok çeşitli bölgelerde ve iklim koşullarında yaşayabilmeleri, dayanıklılıkları, çeşitlilikleri ve doğada en uzun süre yaşayan canlılardan olmaları da yapılan araştırmalarında seçilmelerinde önemli rol oynamıştır.

Liken türlerinin fraktal boyutlarının bilim teknolojilerinde incelenmesine 1980li yıllardan itibaren başlanmıştır. Yapılan bazı araştırmalar ile fraktal-yüzey alanı

ilişkisi incelenmiş ve yüzey alanı küçük canlıların fraktal boyut özelliğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu ve daga önce belirtilen sebepler likenleri üretken bir yaklaşım için, fraktal boyutu kullanılabilir bir organizma yapmıştır.

Çalışmada geliştirilen yaklaşımın uygulanabilmesi için seçilen likenin fraktal değeri hesaplanmıştır. Likenlerin varoluş kriterleri, bir simbiyoz içinde yaşamaları ve doğadaki etkileri, hesaplanan fraktal değer ve seçilen tasarım yapılacak bölgeden gelen veriler ile belirli ilkeler oluşturulmaya çalışılmıştır. Ortaya çıkan üretken modelin, mevcut doku ve çevre ile etkileşimi ve uyumu tartışılmıştır.

Geliştirilen üretken modelin, sürekliliği sağlayacak bir yapı tasarımında kullanılması öngörülmüş ve öğrenci yurt kompleksi model olarak tasarlanmıştır.

Modelin tasarlanacağı alan ve hangi likenin bu üretken model tasarımında kullanılacağı tartışılmıştır. Türkiye'de yaşayan likenler ve yaşadıkları bölgeler incelenmiş, bu projeye uygun olacağı düşünülen Strangospora Pinicola likeni deneysel çalışmada kullanılmıştır. Strangospora Pinicola, geçtiğimiz yıllarda Türkiye'de yaşadığı ilk kez tespit edilen bir liken türüdür. Bulunduğu yer de İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak Kampüsü'nde Bilim Vadisi denen bölgedir. İTÜ Maslak Kampüsü'ndeki göletin yakınlarındaki arazi çevresinde yine yurt kompleksleri bulunmaktadır. Geliştirilen model ile bir bölgede yaşayan bir organizmanın fraktal kurgusuyla yine o bölgede yapılan üretken mimarinin çevre, kültür ve topoğrafya etkileriyle nasıl biçimleneceği araştırılmıştır.

1.3 Araştırmada İzlenen Yöntem

Doğada yaşayan basit bir organizmanın, likenlerin fraktal kurgusuna dayanarak; çevresel, kültürel ve coğrafi faktörler de göz önüne alınarak, yeni formların biçimlenmesinde yöntem şu şekildedir:

- Kutu sayım yöntemi kullanılarak seçilen liken kesitinden, farklı bir yerleşim dokusu oluşturmak amacıyla bir dizilim geliştirilmiştir.
- Geliştirilen dizilimin tasarıma dönüştürüleceği alan belirlenmiştir ve yurt kompleksi tasarlanılmasına karar verilmiştir.
- Likenleri fraktal kurgusuyla ortaya çıkan dizilim, arazinin topoğrafyasıyla beraber çalışan planimetrik modüllere dönüştürülmüştür.

- Tasarlanan mimari yapının işlev ve ihtiyacı doğrultusunda, kat planları için likenlerin dizilim oranlarına göre farklı modüller geliştirilmiştir.
- Proje konsepti belirlenirken plan, kesit ve görünüşte; likenlerin dizilimi, doğada yaşayış biçimleri, spesifik özellikleri ile geleneksel türk mimarisi, kültürel belirtiler ve seçilen alanın topoğrafyası etkili olmuştur.

2. MİMARİ TASARIM, KAOS TEORİSİ VE FRAKTAL GEOMETRİ

Fraktal kuguların geçmiş dönem mimari örneklerinde sıkça görüldüğünü söyleyebiliriz. Fraktal geometrinin bilimsel literatüre girmediği dönemlerde, farklı kültür ve coğrafyalarda, çeşitli nedenlerle mekan üretilmek istendiğinde, çok kez doğada varolan fraktal düzen mimari oluşumlara yansıtılmıştır. Doğadaki benzer öğelerin tekrarı, topoğrafya, bu fraktal yaklaşımların oluşmasını sağlamıştır.

2.1 Mimarlık, Tasarım ve Geometri

Tarih boyunca, mimarlık ve geometri ilişkisinde sayılar, oranlar ve biçimsel etkileşimlerle ilgili araştırmalar yoğun olarak yapılmıştır. Gerek klasik mimaride, gerekse modern mimaride, inşa edilecek yapıların oranları için arayışlar devam etmiştir. Aslında ulaşılmak istenen oran ve orantıdır ve bu kavramlar matematiğin yanı sıra, estetik bilimin ve mantığın da en basit ve en önemli kavramları olmuşlardır.

Konuyla ilgili araştırmalara ilişkin matematik bilgisi ilk kez M.Ö. 3. yy.da Eukleides'in 13 kitabından biri olan ''Stoikheia'' (Öğeler) adlı yapıtında ''aşıt ve ortalama oran'' adıyla kayda geçirilmiştir. Eukleides'e göre, bir kesir iki benzer şeyin niceliksel karşılaştırılması, oran ise bu kesirlerin eşitliği ile ilgilidir **(2.1)**.

Oran: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ ya da $\frac{a}{b} = \frac{b}{c} = \frac{c}{d} = \frac{d}{e}$ **(2.1)**

Herhangi bir oranlama siteminin altında yatan şey karakteristik bir oran, bir bağıntıdan diğerine iletilen sürekli bir niteliktir. Bir oranlama sistemi, binanın parçaları arasında olduğu kadar, parçalar ve bütün arasında da tutarlı bir görsel ilişkiler dizisi oluşturur. Bu şekilde oluşturulan görsel düzen hissedilebilir, kabul edilebilir ve tekrarlanan deneyimler dizisi ile tanınabilir. Belirli bir süreçten sonra, parçadaki bütün ve bütündeki parçalar görünmeye başlanır (Ching, 2002).

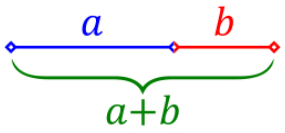
Tarihsel süreç boyunca mimaride geometri üzerine birçok oranlama kuramı geliştirilmiştir. Her dönemde belli sistemler aracılığıyla bir sonraki döneme fikirler

aktarılmıştır. Sistemlerin ve dönemlerin farklılıklarına rağmen, ilkeler ve değerlerde çok büyük benzerlikler bulunmaktadır.

2.1.1 Altın oran

Altın orana ilişkin matematik bilgisi ilk kez M.Ö. 3. yy.da Eukleides'in Stoikheia (Öğeler) adlı yapıtında ''aşıt ve ortalama oran'' adıyla kayda geçirilmiştir. Eukleides bu yapıtında altın dikdörtgen ve dolayısıyla altın oranı anlatmaktadır. Bazı veriler bu bilginin M.Ö. 3. binyıla dayandığını göstermektedir. Grek dünyasında da Phythagoras ve Phythagorasçılar tarafından ortaya atılan ''herşey sayıdır'' düşüncesinden ve belirli sayısal ilişkilerin evrenin armonik yapısını sergilediği inancından doğduğu ileri sürülür. Yunanlılar, insan vücudu oranlarında Altın Oranın önemli bir rolü olduğunu kabul etmişlerdi. Hem insanoğlunun, hem de onun inşa ettiği tapınakların yüce bir evrensel düzene ait olması gerektiği inancından dolayı, bu aynı oranlar tapınak yapılarına da yansıtılmıştır. Altın Oran, Rönesans mimarlarının çalışmalarında da işlenmiştir. Le Corbusier Modülör sistemini Altın Oran'a dayandırmıştır ve bu sistemin mimarlıkta kullanımı bugün de devam etmektedir.

Geometrik olarak Altın Oran (Şekil 2.1): Bölünen bir çizginin küçük parçasının büyüğe oranı, büyük parçanın bütüne oranı kadardır **(2.2)**.



Şekil 2.1 : Doğru parçasının altın kesimi.

Matematiksel olarak oran :

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{a+b} \qquad \textbf{(2.2)}$$

eşitliğinde her iki tarafın pay ve paydası b ile bölünür ve a/b = x konumu yapılırsa,

$\frac{x+1}{x} = x$ ya da $x^2 = x + 1$ denklemi elde edilir.

Bu denklemin pozitif kökü $(1 + \sqrt{5}) / 2$, negatif kökü de $(1 - \sqrt{5}) / 2$ 'dir.

$(1 + \sqrt{5}) / 2$ sayısı ya da oranı ϕ ile gösterilirse,

$\emptyset = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1{,}61803398875\ldots$ sonucuna ulaşılır.

$$\frac{1}{\emptyset} = -\emptyset'$$

$$\emptyset - \emptyset' = -1$$

$\emptyset + \emptyset' = 1$ yazılabilir. $\emptyset$ ilişkin olarak,

$$\emptyset = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1{,}61803398875\ldots$$

$$\emptyset^2 = 2{,}618\ldots = \frac{3+\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{1}{\emptyset} = 0{,}618\ldots = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$$

$$\emptyset^2 = \emptyset + 1$$

$$\emptyset^3 = \emptyset^2 + \emptyset$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$\emptyset^n = \emptyset^{n-1} + \emptyset^{n-2}$ yazılabilir. Eşitlik negatif üslere de getirilirse;

$$\emptyset = 1 + \frac{1}{\emptyset}, \qquad \emptyset^1 = \emptyset^0 + \emptyset^{-1}$$

$$\emptyset^2 = \emptyset^{-3} + \emptyset^{-4}, \quad \frac{1}{\emptyset^2} = \frac{1}{\emptyset^3} + \frac{1}{\emptyset^4}$$

$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$ bulunur. Ayrıca;

$$2 = \emptyset + \frac{1}{\emptyset^2}, \quad \emptyset = \frac{1}{\emptyset - 1},$$

$$\emptyset = 1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cdots}}}}$$

$\emptyset = \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \sqrt{1 + \cdots}}}}$ olur.

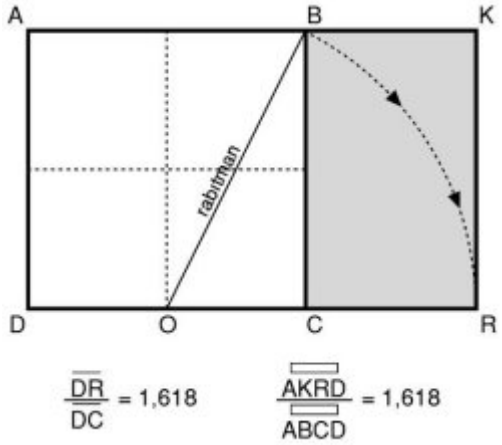
Yaklaşık olarak 1,618 değeri, Ø için oldukça sağlıklı bir değerdir (Şekil 2.2).

Altın oran, doğada bitkilerin tanımlanmasından, çeşitli yumuşakçaların kabuklarına, erkek arıların üremesiyle ilgili soy tablosundan akciğerdeki ‘’bronş ağacı’’ dallanmalarına kadar geniş bir alanda boy gösterir.

Altın Oranın mimarlıkta olduğu kadar canlı organizmaların yapısındaki varlığını gösteren bir takım cebirsel ve geometrik özellikleri vardır. Altın Orana dayandırılan her türlü seri, aynı anda eklemeli ve geometriktir.

Sayısal seride: 1, $Ø^1$, $Ø^2$, $Ø^3$ … $Ø^n$. Her terim kendisinden önceki iki terimin toplamıdır. Altın Orana yaklaşan bir başka seri de Fibonacci Serisi’dir.

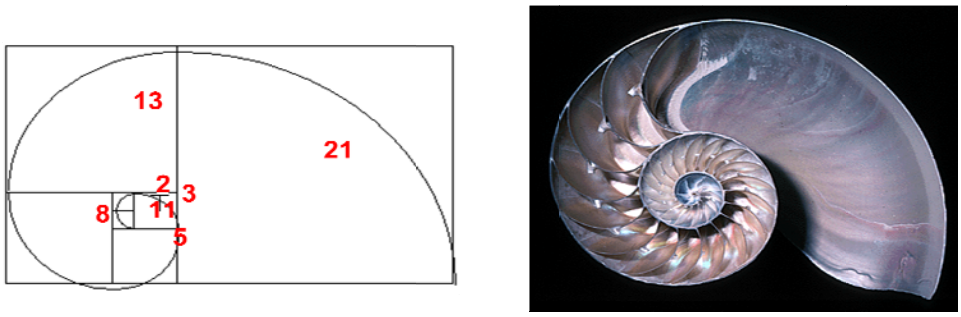
Altın oranın doğadaki varlığını örnekleyen en ünlü canlı, nautilus kabuklusudur. Bu canlının kabuk yapısı logaritmik sarmal biçimindedir. Bu sarmalda merkezden başlayan her ışın vektörünün eğriyi herhangi bir noktada kestiği açı sabit olduğundan, Descartes tarafından eşit açılı sarmal adı verilmiştir. Bu eğrinin matematiksel güzelliğinden çok etkilenmiş olan J. Bernoulli Logaritmik sarmal adını bulmuştur. Değişik kültürlerin değişik dönemde ortaya koyduğu birçok mimari eserin yapısındaki çoğu unsurun altın orana sadık kalınarak tasarlandığı görülür. Kasıtlı ve kasıtsız olarak, yaygın bir biçimde yapılan bu tercih, insanoğlunun sanatsal yaratıcılığını ortaya koyarken doğaya ne şekilde öykündüğünü sergilemektedir. Altın oranın sunduğu en önemli hizmet, doğanın geometrisinin incelenmesinde önemli bir boşluğu dolduruyor oluşudur.



Şekil 2.2 : Altın kesimin geometrik çizimi. (Url-1)

2.1.2 Fibonacci serisi

1202 yılında, döneminin en tanınmış matematikçilerinden biri olan Leonardo Pisano Fibonacci tararfından yazılan Liber Abaci (Abak Kitabı) adlı yapıtta, yazar şu soruyu sorar: ‘’Eğer her tarafı duvarlarla çevrili bir yere bir çift tavşan bırakılır da, her ay her bir tavşan çiftinin, ikinci aydan itibaren doğurgan hale gelen yeni bir tavşan çifti doğuracağını kabul edersek, bu yerde bir yıl içinde kaç tavşan çifti üretebiliriz?’’ Fibonacci tarafından tanımlanan bu dizi, her bir terim kendisinden önce gelen ilk iki terimin toplamı olarak berlirlenen; 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6757, 10946, 17711, 28657, 46368,…dizisidir. Bu dizinin ilginç bir yanı, 5. terimden sonraki ardışık terimlerinin oranlarının Altın Orana çok yakın olmaları, 12. Terim olan 144’ten sonraki bütün ardışık terimleri oranlarının ise sürekli olarak 1,61803 olarak çıkmasıdır. Bir anlamda Fibonacci Dizisi ile Altın Oran özdeşleşmiştir (Şekil 2.3).

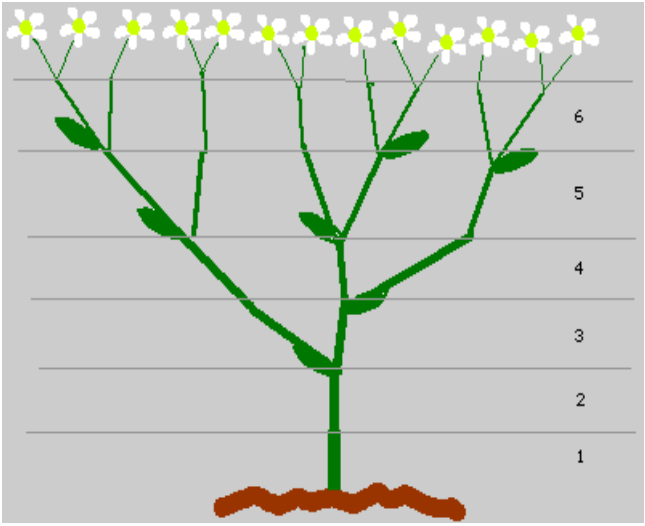


Şekil 2.3 : Altın dikdörtgen. (Bergil, 1993)

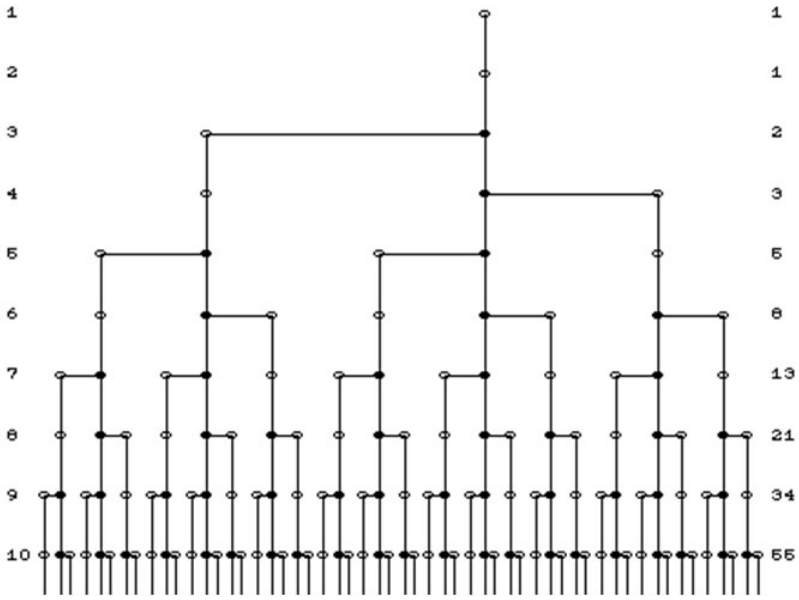
Fibonacci dizisinin, doğanın geometrisini incelemedeki en büyük katkısı, bitkilerin geometrisiyle ilgilidir. Botanikte Fibonacci dizisine büyüyen bir bitkinin üzerindeki koltuk ve sap sayısında rastlanır. Basit bir örneği, Archillea Ptarmica (Şekil 2.4) ele alırsak, her bir yatay düzlem üzerinde ortaya çıkan sapları ve koltukları saydığımızda, ikisinin de Fibonacci sayılarına göre arttığı anlaşılacaktır. Bir başka örnek olarak ayçiçeği verilebilir. Küme halindeki tohumlar, biri sağa, diğeri sola dönen ve birbirini kesen iki grup logaritmik sarmal şeklinde dizilmişlerdir. Bunlar sayıldığında, sağa dönük sarmalların sayısı ile sola dönük olanların sayısı, iki ardışık Fibonacci sayısını verecektir. Doğada çok sık karşılaşılan bu diziye göre, bir kesirler dizisini, her terimin payını, bir önceki terimin paydası olarak, paydasını ise bir önceki terimin pay ve paydasının toplamı olarak belirlersek sonuç şöyle çıkacaktır:

$$\frac{1}{2},\frac{2}{3},\frac{3}{5},\frac{5}{8},\frac{8}{13},\frac{13}{21},\frac{21}{34},\frac{34}{55},\frac{55}{89},\dots$$

Bu yolla elde edilen dizinin terimleri, Fibonacci dizisinin ardışık terimlerinin bölümü şeklindedir (Şekil 2.5). Bu dizinin terimleri olan oranlar, çam kozalaklarında (5/8, 8/13), ananas meyvasında (8/13), papatya floretlerinde (21/34), ay çiçeklerinde (21/34, 34/55, 55/89) sağ ve sol spirallerin sayıları olarak görülmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.4 : Archillea ptarmica. (Url-2)



Şekil 2.5 : Fibonacci Dizisi. (Url-2)



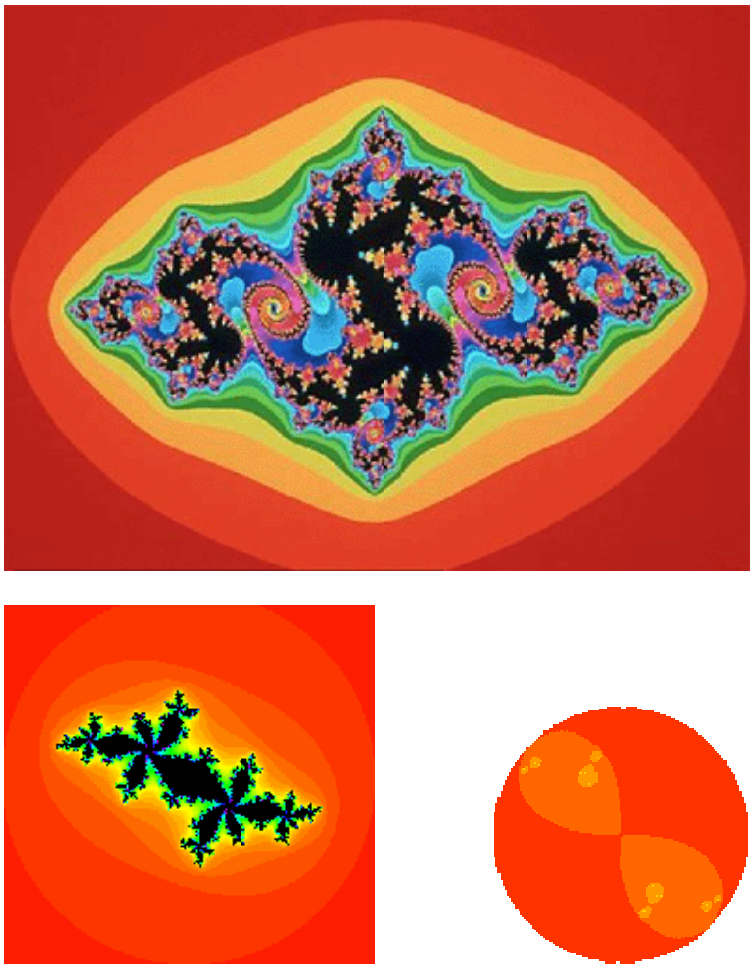
Şekil 2.6 : Ayçiçeği. (Url-2)

2.2 Fraktal ve Fraktal Geometri Kavramı

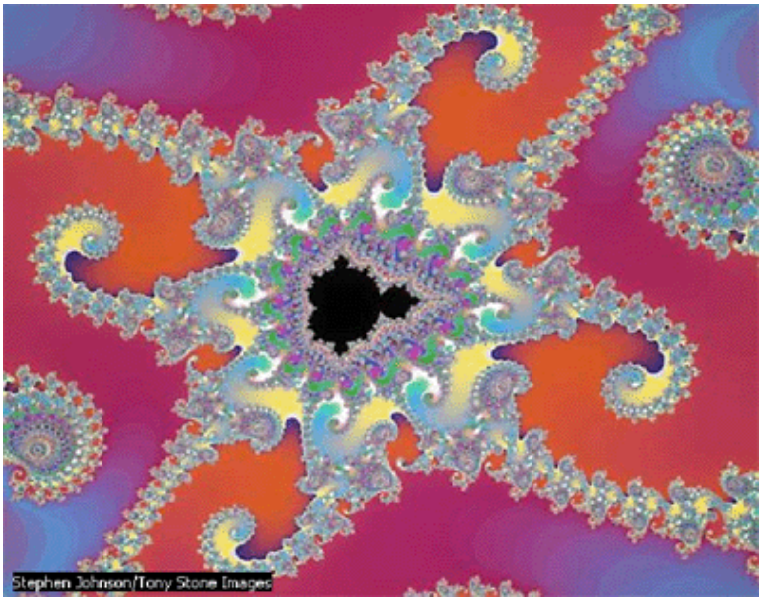
Birçokları için geometrinin soğuk oluşunun sebepleri arasında geometrinin doğada var olan biçimleri – dağları, bulutları, ağaçları – açıklayamaması yer alır. Bulutlar küresel, dağlar ikonik, koylar dairesel ya da ağaç kabuğu düzlemsel değildir. Genel olarak ele alındığında doğadaki birçok öğenin biçimleri - Eukleides geometrisiyle- asal geometrik elemanlarla tanımlanamaz.

Doğadaki geometrik formlar Eukleides ile incelendiğinde yüksek düzeyde ve farklı yönde bir karmaşıklık içerdiği görülmektedir. Doğadaki nesneleri modellemek istediğimizde bilinen geometrik yöntemler güçlü araçlar olarak kullanılamamaktadır. Aslında bulutların, dağların, denizlerdeki yosunların belli biçimleri, kendi aralarında ortak özellikleri olduğu bilinmektedir. Farklı cins hayvanlar ya da bitkiler arasından belli bir cinsi ayırt etmek zor da değildir. Ancak bunların bilinen geometri içince belli birer formülleri ya da çözümleri yoktur.

Doğayı modellemenin zorluğu kullandığımız, sahip olduğumuz, en doğru kabul edilen geometrinin – Eukleides'in – bu konuda yetersiz oluşundan kaynaklanmaktadır. Fraktal geometri düzensiz, geometrik yapılı formlarda, karmaşık matematiksel düzlemde, dinamik sistemlere dair çözüm olanakları sunmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Fraktal setler. (Gregory Sams/Science Photo Library)

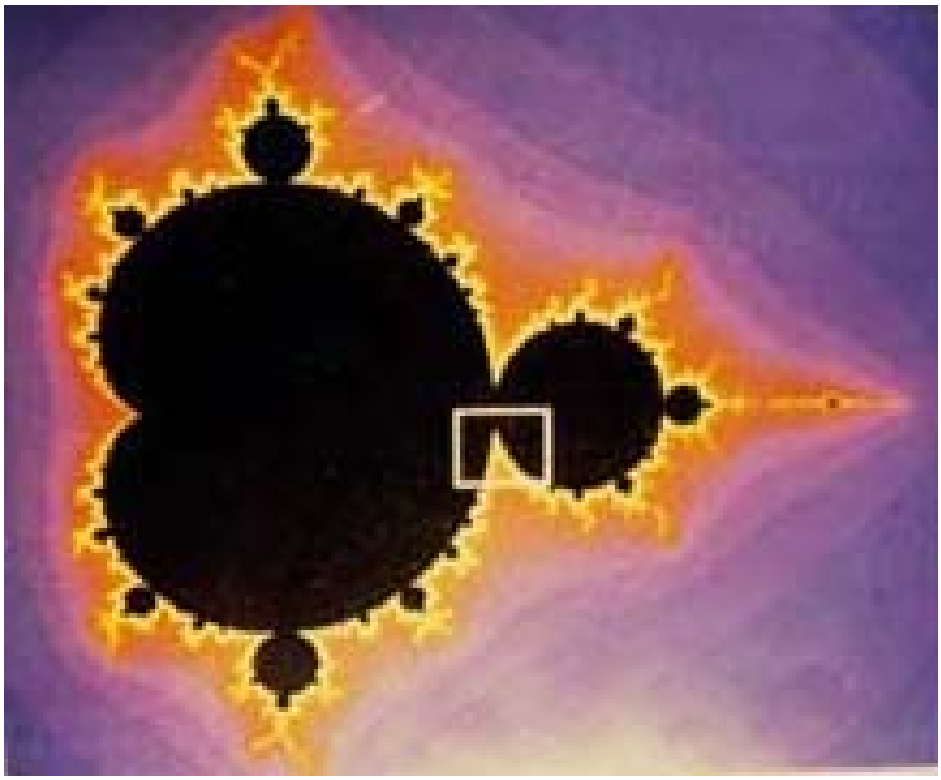


Şekil 2.8 : Lineer olmayan matematik. (Stephen Johnson/Tony Stone Images)

Fraktal geometri, isim olarak da aykırı bir matematiksel çıkışın işaretlerini içermektedir. Cebir sözcüğü Arapça kökenli olup, birleştirme ve bütünleştirme anlamlarına gelir. Fraktal ise, Latince kökenlidir ve parçalanmış, bölünmüş anlamlarını taşımaktadır. Alışılmış geometri dünyayı sadeleştirip, daha kolay algılanabilir hale getirerek, sonlu öğelere indirgeme mantığıyla işlemektedir.

Ancak doğa özünde bu disipline uygun değildir. Bir kaya parçasının üzerindeki yosunların kontürü sadeleştirilip geometrisi çıkarılabilir, fakat kaya parçası yakından incelendiğinde, detaya inildikçe karmaşık geometrik şekillerin farkına varılacaktır. Eukleides geometri ile sadeleştirme yapılarak doğa taklit edilebilir, resmi çizilebilir, ama etkin bir matematiksel modelleme yapılamaz.

Fraktal; matematikte, çoğunlukla kendine benzeme özelliği gösteren karmaşık geometrik şekillerin ortak adıdır. Fraktaller, klasik, yani Eukleidesçi geometrideki kare, daire, küre gibi basit şekillerden çok farklıdır ve doğadaki, Eukleidesçi geometri aracılığıyla tanımlanamayacak pek çok uzamsal açıdan düzensiz olguyu ve düzensiz biçimi tanımlama yeteneğine sahiptir (Şekil 2.8).



Şekil 2.9 : Mandelbrot Set. (Stephen Johnson/Tony Stone Images)



Şekil 2.10 : Mandelbrot fraktal set. (Bilim ve Teknik, 1995)

Fraktallar çok kompleks ve sınırsız detaya sahip olan şekillerdir. Fraktalın bir kesitine zoom yaptığınızda bile, bütün fraktaldaki kadar detay görebilirsiniz. Bunlar tekrarlamalı olarak tanımlanır ve küçük kesitler bütünün aynısıdır. Fraktalları bir fonksiyon olarak düşünürsek; x, f(x), f(f(x)), … Buradan anlaşılacağı gibi bu işlem sonsuza kadar yinelenebilir, açık uçludur. Sürekli bir ana şeklin yinelenmesi söz konusudur, bu olay kendine benzerlik (self similarity) olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 2.9), (Şekil 2.10).

Fraktal görüntülerin veya setlerin en önemli özelliği de, sonsuza değin ayrıntı sunmaları, her ayrıntının da tekrar değil, ‘’kendine benzeme’’ (self similarity) özelliği taşımasıdır (Şekil 2.11).

Fraktal terimi “parçalanmış” ya da “kırılmış” anlamına gelen Latince "fractus" sözcüğünden türetilmiştir. İlk olarak 1975’te Polonya asıllı matematikçi Beneoit B. Mandelbrot tarafından ortaya atılan fraktal kavramı, yalnızca matematik değil fiziksel kimya, fizyoloji ve akışkanlar mekaniği gibi değişik alanlar üzerinde önemli etkiler yaratan yeni bir geometri sisteminin doğmasına yol açmıştır. Bu çalışmalarla fikirsel alandaki büyük devrim, 20. yüzyıl matematiğini 19. yüzyılın klasik matematiğinden ayırmaktadır.



Şekil 2.11 : Fraktal set. (Bilim ve Teknik, 1995)

Klasik matematik köklerini Eukleides geometrisinin yapısına ve Newton mekaniğine dayandırıyordu. Cantor ve Peano'nun modern matematiğin başlangıcı sayılan çalışmaları, Eukleides ve Newton'un modellerine uygun düşmemekteydi. İlk zamanlarda, yaygın sanat beğenisine aykırı düşüp, yeni gelişen kübik resim ve atonal müzikle uzlaşabilen bu yeni yöntemler '' patolojik '' olmakla itham edilmiştir. Bu matematiğin öncüleri de klasik matematiğin doğayla ilgili gözlemlerle sınırlandırılmış yapısının artık aşıldığını açıklamışlardır. Ancak Mandelbrot'a göre matematikçiler doğanın oyununa gelmiştir. 19. yy. matematiğindeki naturalizmin sınırlarını yıktığı düşünülen yeni matematiğin birçok öğesinin, doğadaki bazı unsurlara denk düştüğü ortaya çıkmıştır. Bu şekilde 20. yy. matematiğinde fraktal geometri temel düzeyde bir başlangıç yapmıştır.

Mandelbrot'un fraktallerle ilgili yaptığı çalışmalarında etkilendiği kişi, Koch Curve'ü (Koch Eğrisi) keşfeden Helge von Koch'tur.

Koch Curve (Koch Eğrisi)

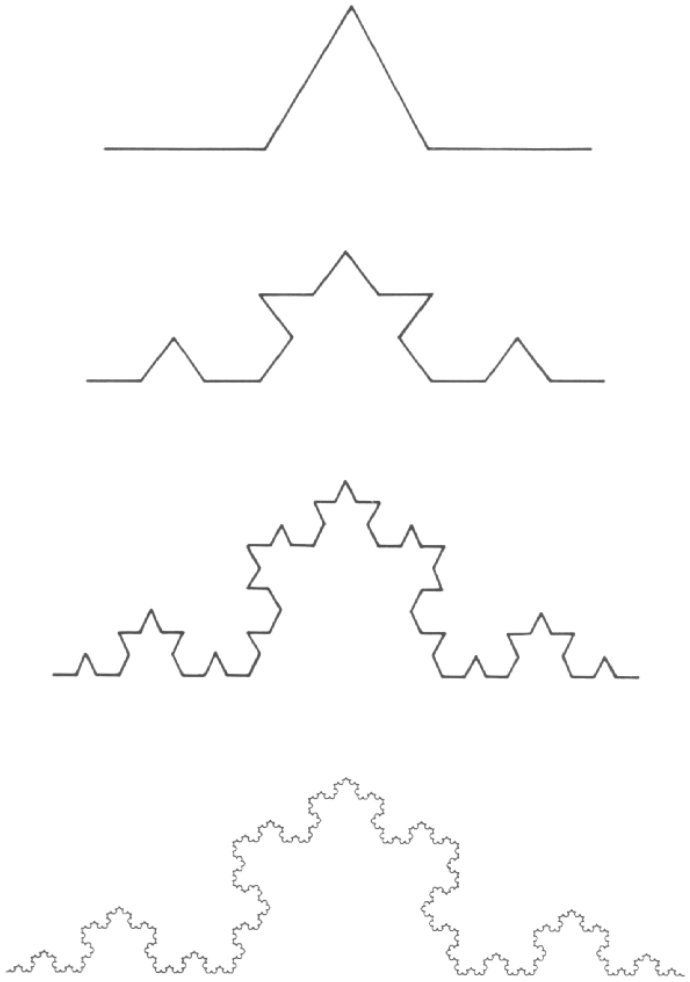
İsveçli matematikçi Helge von Koch, 1904 yılında Koch eğrisini ortaya atmıştır. Koch eğrisi ile; düzgün olmayan sürekli eğrilerden ve teğet çizgilerden bağımsız olan eğrilerin nasıl oluşturulabileceğine dair bir gösterim tasarlanmıştır. Teğet kavramı diferansiyel ve doğru hesaplar için gereklidir. Bu bağlamda Koch eğrisi matematiksel bir çılgınlık, adeta kuralları yıkan bir şey olarak sunulmuştur.

Koch eğrisi düz bir çizgiyle başlama üzerine temellenmiştir. Bu çizgi sonrasında 3 parçaya ayrılır, ortadaki kısım kaldırılır. Ortaki kısım yerine tabansız bir eşkenar

üçgen yerleştirilir. Bu işlemde, her 4. düz çizgi ilk çizginin aynısını oluşturur. Bu proses, düzgün kısımlar içeren eğriyi bulana kadar devam eder. Şekil 2.12 Koch eğrisinin nasıl oluşturulduğunu gösterir.

Başlangıç, 3 kısma ayrılmış düz bir çizgidir. Bu eğrinin oluşumu 4 adım uzunluğundadır. Eğer her adımda ilk adım bütün bu düz kısımlarda değiştirilirse, Koch eğrisinin uzunluğu her aşamada artmaya devam eder. Tekrarlamaların sonsuz sayıya ulaşması sonsuz uzunlukta bir doğru üretir. Bu uzunluk;

$Lx\frac{4^n}{3}$ olarak ifade edilir. *n* burda adımların üretim sayısını gösterir (Peitgen ve diğ. 1992).



Şekil 2.12 : Koch eğrisinin geliştirilme aşamaları. (Bovill, 1996)

Şekil 2.12, 4 aşamada üretilen Koch eğrisini gösterir. Ardışık aşamalar biraz benzerlik gösterebilir fakat bunlar karakteristik değildir. Ardışık aşamalar arttıkça eğrinin içinde kalan düz çizgiler daha da küçülür. Gerçek Koch eğrisi, eğri artık düz

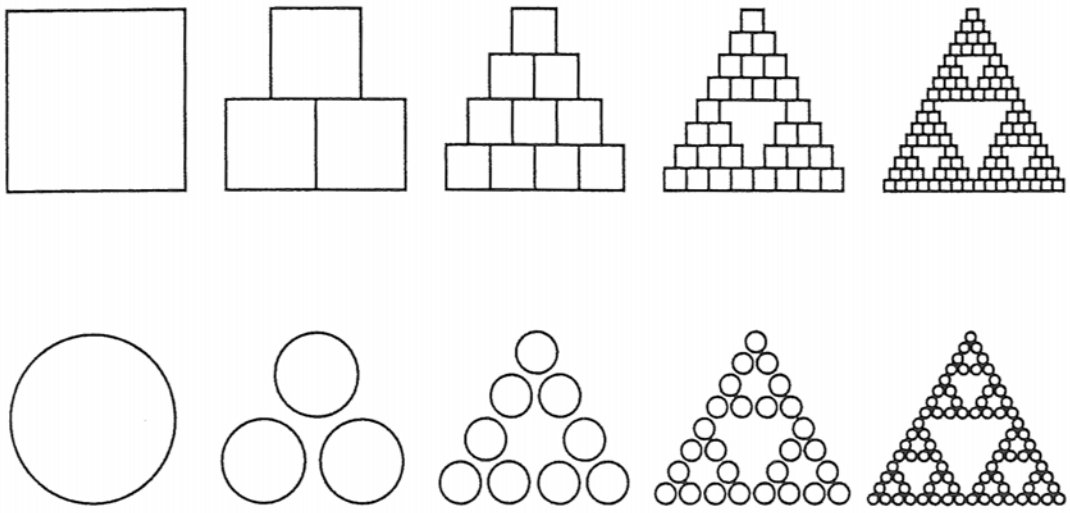
çizgi kısımları içermeyecek kadar tekrarlanan eğrinin sonsuz kere uygulanan aşama sınırlarında var olur. Bu sonsuz sayıda üretilen aşamaların limit noktasında Koch eğrisinin her hangi bir kısmı kati bir şekilde bütün Koch eğrisinin birebiridir. Bu konstrüksiyonun orta düzeydeki aşamaları sonsuz sayıdaki aşamadan sonra yaratılmış eğrinin ancak bir geliştirici yakınsamasıdır.

Matematikte fraktallar, ancak ve sadece sonsuz sayıdaki üretim adımının limit noktasında var olabilir fakat bu konstrüksiyon – tekrar - boyunca da onlara yaklaşık olarak benzeyebilecek fraktaller mevcuttur (Peitgen ve diğ., 1992).

Koch eğrisi, doğadaki örneklerden yola çıkılarak geliştirilen yapay fraktallere en iyi örneklerden biridir.

Tekrarlamalı Fonksiyon Sistemleri (Iterated Function Systems)

Klasik fraktaller ve doğal şekiller arasında matematiksel bir bağlantı mevcuttur. Fraktal boyut kavramı doğal formları açıklaması için de genişletilmiştir. Bir deniz kenarı doğal formu ve rastgele bir Koch eğrisi arasındaki bağlantıyı görmek kolaydır. (Peitgen ve diğ., 1992)



Şekil 2.13 : Başlangıcı çember ve kare olan IFS. (Bovill, 1996)

Tekrarlamalı fonksiyon sistemleri (IFS) bu bağlantıyı sağlar. Chaos and Fractals kitabında Peitgen, Jurgens ve Saupe sistemlerin ne yaptığını açıklamak için birçok indirgemeli lensi içeren kopya makinesinin analojisini kullanmışlardır. Her lens – mercek – orijinal şekli ½ oranında küçültür ve 3 defa küçültülmüş şekiller eşkenar üçgen şeklinde orijinal şeklin üstüne yerleştirilir. Şekil 2.13 başlangıç şekilleri kare ve çemberlerden oluşan aşamayı adım adım gösterir.

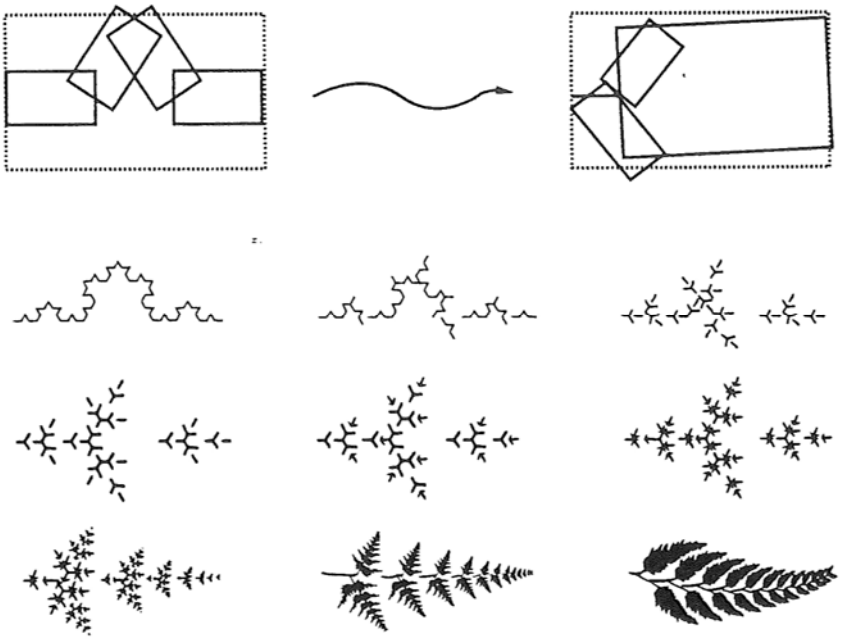
IFS yöntemi ile oluşturulan fraktaller incelenirse, üç grup oluşturulabilir:

İlk grup içinde, Koch Snowflake, Cantor Set, Barnsley' Fern ve Dragon Curve yer alır ve oluşturulmalarında temel faktör vektörel ya da eğrisel gruplardan yola çıkılmasıdır.

İkinci grupta, kompleks numaralı fraktaller yer alır ve karmaşık sayıları kullanarak kartezyen ortamda fraktal oluştururlar. Mandelbrot Seti ve Julia Set bu mantıkla çalışırlar.

Üçüncü grup da Orbit fraktallerin bulunduğu gruptur. Lorenz Attractors, Rossier Attractors, The Henon Attractors, Pickover Attractors, Bifurcation Orbit,.. bu gruba örnektir. Bu tip fraktaller iki ya da üç boyutlu uzayda bir yörüngenin çizilmesiyle oluşturulurlar.(Ostwald, 2001)

Şekil 2.14, ilk grup içinde bulunan vektörel yollarla oluşturulan Koch Curve'in Barnsley Fern'e çevriminin adımlarını gösterir.



Şekil 2.14 : Koch Curve'in Barnsley Fern'e çevrimi. (Bovill, 1996)

2.2.1 Fraktal dönüşüm kavramı ve hesaplama sistemleri

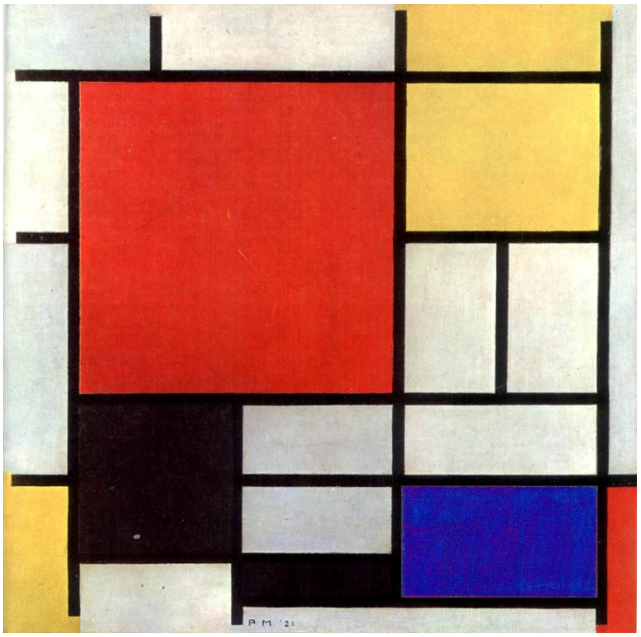
Fraktal boyut hesaplama, doğada var olan ya da tasarlanmış bir yapıda bulunan ayrıntıların oranlarının farklı ölçeklerdeki gelişimlerinin incelenmesi olarak açıklanabilir. Fraktal değer arttıkça ayrıntıların gelişimi de o oranda artar. Bulunan

fraktal değer 1 e yaklaştıkça Eukleides geometrisine yaklaşır ve bu da o yapının fraktal olmadığını gösterir.

Fraktal dönüşüm kavramında amaç, doğadaki bir organizmanın benzer fraktal boyutunda bir yapı tasarımı çalışmasıdır ve ortaya çıkan sonuç görünüm olarak bir organizma olmayacaktır ancak gelişim mantığı olarak detaylarda süreklilik ve kendine benzerlik gösteren bir seviyede olacaktır.

Bir tasarım sürecinde doğada var olan karmaşık (complexity) yapı, yaşanılan mekân ölçeğinde kullanılmak istendiğinde, fraktal boyut benzer bir çeşitlilikte bina formları üretmede araç olabilir.

Günümüze değin mimari formlar incelendiğinde Eukleidesçi bir yaklaşım ile tasarım yapıldığı görülür. Ancak doğadaki formlar fraktal geometri ile açıklanabilir ve çözümlenir.



Şekil 2.15 : Composition with Black, Red, Grey, Yellow and Blue, Piet Mondrian. (Url-3)

Mandelbrot (1982) bu karşılaştırmayı şu şekilde yapar:

> ‘‘Yeni geometrik fraktal sanatı Beaux Arts mimarisi ya da büyük ustaların resimleri ile benzerlik gösterir. Bunun sebebi; klasik görsel sanatların fraktaller gibi kendi içinde benzer geometrilerden oluşmuş olmalarıdır (Şekil 2.15 ve Şekil 2.16). Modern matematik, müzik, resim ve mimari birbirleri ile ilişki içerisinde gözükmektedirler. Ancak bu, mimaride çok daha belirgin bir şekilde fark edilmektedir. Bir Mies Van der Rohe yapısı Eukleides geometrisine benzer, fakat Beaux Art yapısı içinde fraktal öğeler barındırır.’’



Şekil 2.16 : Kırmızı ve mavi sandalye, Gerrit Rietveld. (Url-3)

2.2.1.1 Curdling yöntemi

Curdling, Mandelbrot'un fraktal leke üreten çevrime verdiği isimdir. Fraktal leke, küme karakteristiği olan nokta ya da şekil grubunun bağlarının koparılmasıyla oluşur. Gökyüzündeki yıldız takımlarının gelişigüzelliği bu yöntemle açıklanabilir.

Curdling yöntemi boş kareli bir kağıda ızgara düzeni oluşturularak başlar ve daha sonra, bir madeni para, zar ya da rastgele sayı üreticisiyle (random number generator) kutucukların tutulacağına ya da ıskarta yapılacağına karar verilir.

Madeni para kullanmak en kolay yöntemdir. Her 9 kare için para çevrilir. Tura, karenin sonraki raunda kaldığı anlamına gelir, yazı ise karenin yok olduğunu gösterir. Para atımıyla kareyi kurtarma olasılığı 1/2 dir. Bir sonraki aşamada kalan kareler daha küçük 9 kareye bölünür. Sonra para yine bu küçük karelerden hangilerinin kalacağına karar vermek için kullanılır. İdeal durumda bu prosedür son leke bırakılana kadar, sonsuza dek devam eder. Gerçekte prosedür, dengeli-kararlı bir neticeye ulaşana kadar devam eder.

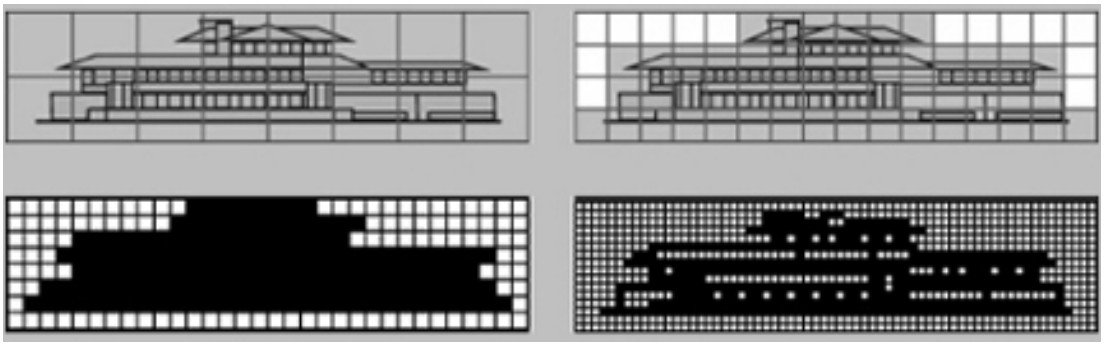
2.2.1.2 Kutu sayım yöntemi

Fraktal değer hesaplama yöntemlerinden biri Kutu Sayım Yöntemidir.

Bu metot; bir nesneyi tümüyle taramaya yetecek kutucuk sayısı kadar hücre sayısını hesaplar. Pratikte bir nesne üzerine bu süper yüklenmiş düzenli kutucukların

uygulanmasıyla ve dolu kutucukların sayımı şeklinde oluşur. N (r) logaritması, dolu kutucuk sayısı, l/r logartimasına karşı - ki r burda bir hücrenin büyüklüğüdür - kutucuk boyutlarının gradyanına tekabül eden bir doğru - çizgi - verir.

Bu metot tamamen dolu ve kısmen dolu hücrelerin ortaya konulmasıyla geliştirilmeye başlanmıştır. Bu uygulama, hücrelerin kombinasyonunun logartimasının grafiğe dökülmesiyle kutucuk boyut hesabının yapılmasına imkan vermektedir : tamamen dolu, tamamen boş ve kısmen dolu (Şekil 2.17 ve Şekil 2.18).



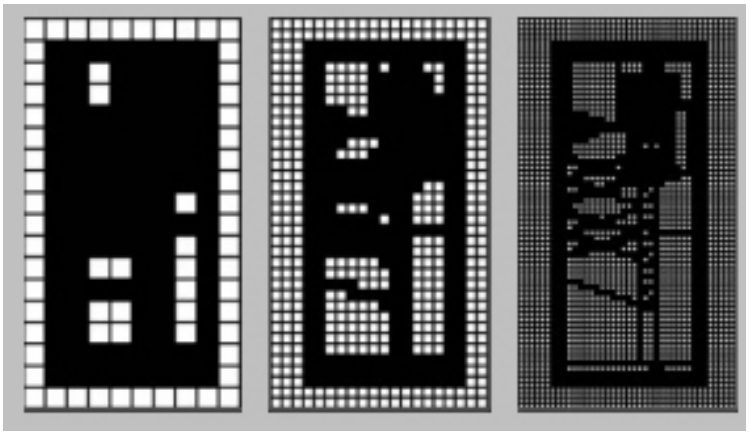
Şekil 2.17 : Frank Lloyd Wright- Robie House. (Lorenz, 2002)

grid boyutu = 1/8 and grid size = 1/32

grid boyutu = 1/16 ve grid boyutu = 1/64

Robie evi - D(slope 8-64)=1.57: D(8-16)=1.64; D(16-32)=1.55; D(32-64)=1.54; Bovill tarafından yapılan ölçümlerin sonucu:

D(24'-12')=1.645; D(12'-6')=1.485; D(6'-3')=1.441;



Şekil 2.18 : Frank Lloyd Wright- Robie House. (Lorenz, 2002)

grid boyutu = 1/10, 1/20 and 1/40

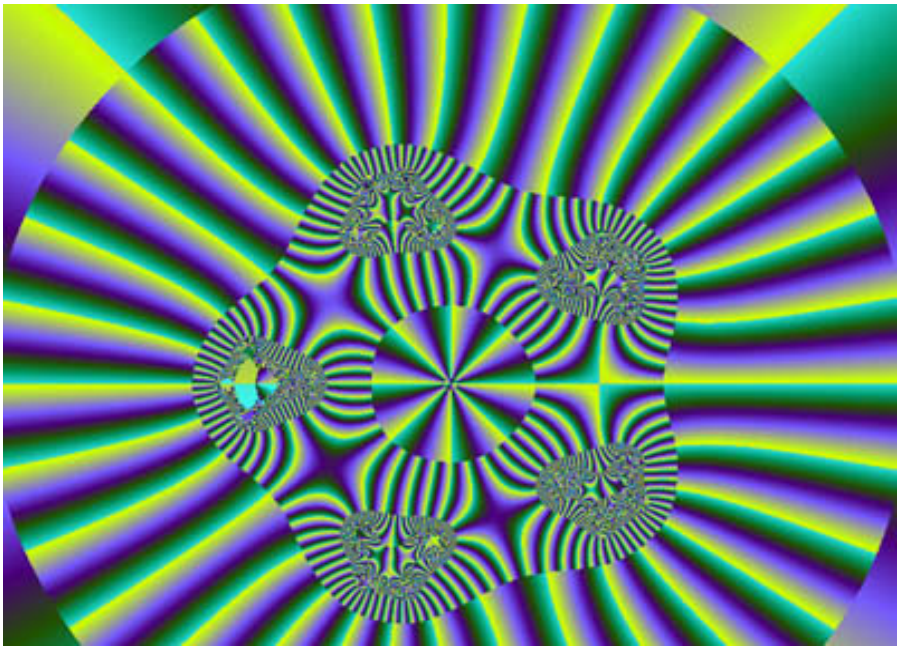
renkli cam - D(slope 5-40)=1.56: D(10-20)=1.65; D(20-40)=1.66; C. Bovill tarafından yapılan ölçümlerin sonucu:

D(6''-3'')=1.721; D(3''-1.5'')=1.626

2.3 Kaos Teorisi ve Fraktal Geometri

Fraktal geometrinin en önemli açılımı, kaosun düzenini ortaya koymasıdır. Kaosun bir düzeninin olduğunu ve bu düzeni fraktal bağlamda açıklamak devrim niteliğinde bir yeniliktir. Fraktal ve kaosun bağlantısını şu şekilde açıklayabiliriz ki; ikisi de tanımlı özelliklere sahip kompleks sistemlerdir. Popüler anlatımla, fraktala 'kaosun geometrisi' diyebiliriz.

Kaos teorisi engin uygulama alanına sahip olan bir yaklaşımdır. Her türlü alanda uygulanabilme yeteneğinden dolayı, kaos teorisinin bilim dallarını birbirinden soyutlayan engelleri aştığı söylenebilir. Çok küçük görünen bir nedenin kendisinden çok daha büyük sonuçlara yol açabileceği mantığından hareket eden kaos kuramı, düzensizlik ve karmaşadan çok, bu düzensizlik içerisinde belli bir düzeni, düzenli düzensizliği anlamaya yöneliktir. Doğadaki şekillerin standart şekiller olmaktan çok, daha düzensiz görünümlü ve doğrusallıktan uzak şekiller olduğu noktasından hareket eden fraktal geometri kavramı da, kaos kuramı analizlerinde büyük faydalar sağlar.



Şekil 2.19 : Kaos. (BilimTeknik, 1995)

Kaosu bilim adamları çeşitli farklı şekillerde tanımlamaktadırlar. Yaşamın unutulan karmaşıklığına, çeşitliliğe, geleceği öngörülemez olana, dengesizliğe; kargaşaya, başıbozukluğa; rastlantı ve zorunluluğa, özgürlüğe ve sonsuzluğa değişik bir bakış açısı olarak yorumlanabilmektedir kaos (Şekil 2.19).

Bilim, öngörülemeyen küçük değişikliklerin hiçbir şey olmamışçasına sönümlediği bir dünyanın, kaosun kapısını açtı. Oluş, bozuluş ve evrilişi kuramsallaştırdı.

Halk arasında; dağınıklık, düzensizlik, hercümerç anlamında kullanılan kaos (khaos) sözcüğü, Yunancadan gelmektedir ve yarık, boşluk, uçurum, hudutsuzluk, ıssızlık, girdap manalarını taşır.

Günlük dilden geçmiş olmakla birlikte kaos terimi; hareketler, taşınmalar, doğumlarla; büyümeler, yıpranmalar, başkalaşmalarla; onarmalar, iyileşmeler, kırılımlar, yıkılışlar, patlamalar, heyelanlarla ilgilidir. Oluş, bozuluş ve evrilişin, kısacası dinamik sistemlerin kuramlaştırılmasıyla ilgilidir.

19. yy.ın sonlarında, Hadamard, Duhem ve Polincarè'in doğadaki süreçler üzerine yaptıkları analizler, kaos teorisi ismiyle anılmasa da ''başlangıç durumuna bağlılık'' gibi önemli kavramların ortaya çıkarılmasını sağlamıştır. Kaos teorisine ismini veren Maryland Üniversitesi'nde uygulamalı matematik profesörü olarak çalışan Jim Yorke'tur.

Kaosun çağdaş düzeyde ele alınarak incelenmesine, 1960lı yıllarda, çok basit matematik denklemleri kullanılarak şiddetli sistemleri simüle etmek imkanının bulunduğunun farkına varılmasıyla başlanmıştır. Girdilerdeki küçük farklılıklar, çıktılarda yerlerini hızla, akıl almayacak büyüklükteki farklara bırakabiliyordu. Bu da ''başlangıç durumuna hassas bağlılık'' adı verilen bir olguydu (Gleick, 1987).

Bu yeni bilim dalını inceleyen bilim adamları, detaylara indikçe bu konuyla bağlantılı geçmişten günümüze gelen birçok fikrin olduğunu fark etmişlerdir. Bu fikirlerden en önemlisi, çıkış noktalarından biri olarak kabul edilen, Kelebek Etkisi'dir. Bazı fizikçilere göre, kaos bir durumun bilimi değil bir sürecin bilimi; bir varoluşun bilimi değil bir oluşumun bilimidir (Gleick, 1987).

2.3.1 Geniş ölçekte kaos

Kaotik sistemlerdeki en enteresan konulardan biri de kaosun büyük derecelerde düzenli yapılar ve modeller üretip üretemeyeceğidir. Kaosun büyük derecelerdeki

fiziksel modeller –dağlar ve galaksiler gibi- için gerekli olduğu ortaya çıkmıştır. Kaosun fizikteki yeri, zamanın ters çevrilemez şekilde bir 'saat oku-yönü' dür.

Yüzyıllardır matematikçiler ve fizikçiler dinamik sistemlere rastlantısal ve beklenmedik olaylar olarak bakmışlardır. Geçmişte anlaşılan tek sistem lineer (doğrusal) sistemdi fakat gerçekte lineer bir dünyada yaşamıyoruz. Yaşadığımız evrende doğrusallık az rastlanan bir şey olduğundan, fizikçiler bunun sebebini anlamaya çalışıyor ve çözümü ararken kaosa yöneliyorlar (Şekil 2.20). Kaosu anlamaya çalışırken bilgisayara insanoğlunun teleskopu denilebilir. Geçmişte bilim adamlarının minimal zamanda bu karmaşık sistemleri taşıyabilecek bilgisayar vb. teknolojik sistemleri yoktu ancak artık bilgisayar sayesinde kaosun çıkış noktaları daha kolay anlaşılabilmektedir.

Günümüz mimarlığı "Kaos Teorisi" ile keşfedilen fraktaller ve "kendine benzerlik" (self similarity) kavramlarından etkilenmiştir. Bu anlamda çağdaş mimarlık örnekleri incelendiğinde, daha önce karşılaşılmayan ve alışık olunmayan çeşitli formların ortaya çıktığı, kavramsal anlamda çok farklı olgular üzerine oturtulan mimari yaklaşımların olduğu görülür.



Şekil 2.20 : Doğada mercanlar. (Bilim ve Teknik, 1995)

Günümüz mimarlığının örnekleri, aslında yakın zaman dilimi içindeki mimariden oldukça farklıdır. Bu mimaride Eukleides kaynaklı formların bulunmadığı ve yeni tasarımların "fraktaller, dalga formları ve kosmos'u oluşturan çeşitli kurgulardan oluştuğu görülür".(Jencks 2002)

Jencks'in bu düşüncesi çoğulculuk ve karmaşıklık kavramları ile tamamen örtüşmektedir. Kültürel çoğulculuğun farklı tatlar sunması gerekmektedir, farklı etnik geçmişler, farklı ekonomik gruplar halen mimariyi motive etmektedir. Ayrıca Alexander Koyre'un "Yunanlıların kozmosu keşfetmesinden sonra yaşanan en büyük devrim kozmosun yıkılmasıdır" görüşü de Jencks'in "Kozmik Evrim" dediği "Kaos Teorisi" ile ortaya çıkan bu düşünceyi destekler niteliktedir.

2.3.2 Deterministik kaos ve rastlantısallık

Kaos teorisiyle beraber sistemlere yönelik görüşler tamamen değişmiştir. Sistemler, içeriklerine ve açıklanabilmeleri için gerekli olan bilgi miktarına göre, basit ve karmaşık olarak iki ana grupta toplanmıştır.

Geleneksel görüşlere göre; basit sistemlerin davranışlarının da basit olup determinist denklemlerle anlaşılabileceği, karmaşık sistemlerin ise istikrarsız, rastlantısal, öngörülemez etkilere açık oldukları ve farklı konulardaki sistemlerin davranışlarının da birbirinden farklı olduğu düşünülmektedir.

Günümüzde sistemlerle ilgili olarak daha farklı görüşler bulunmaktadır. Basit sistemlerin karmaşık sistem biçiminde davranışlar sergilemesi; karmaşıklık yasalarının, sistemi oluşturan öğelerin ayrıntılarından bağımsız, evrensel geçerliliği olan yapılar oldukları şeklinde açıklanmaktadır.

Sistemlerin kaotik olup olmaması çok fazla sayıda parametreler girdileri veya birden fazla doğrusal diferansiyel denklem gerekmesiyle açıklanamaz. Başlangıç koşullarına bağlılık gösteren, doğrusal olmayan, geriye etkimeli sistemler kaotik olma olasılığını taşıyan potansiyel kaotik yapılardır. Süreç sırasında oluşan global yapının, sürecin başındaki koşulların en küçük ayrıntılarından bile etkilenerek oluşmasına rağmen önceden tahmin edilemezlik özelliği taşır. (Gleick, 1997; Cramer, 1998)

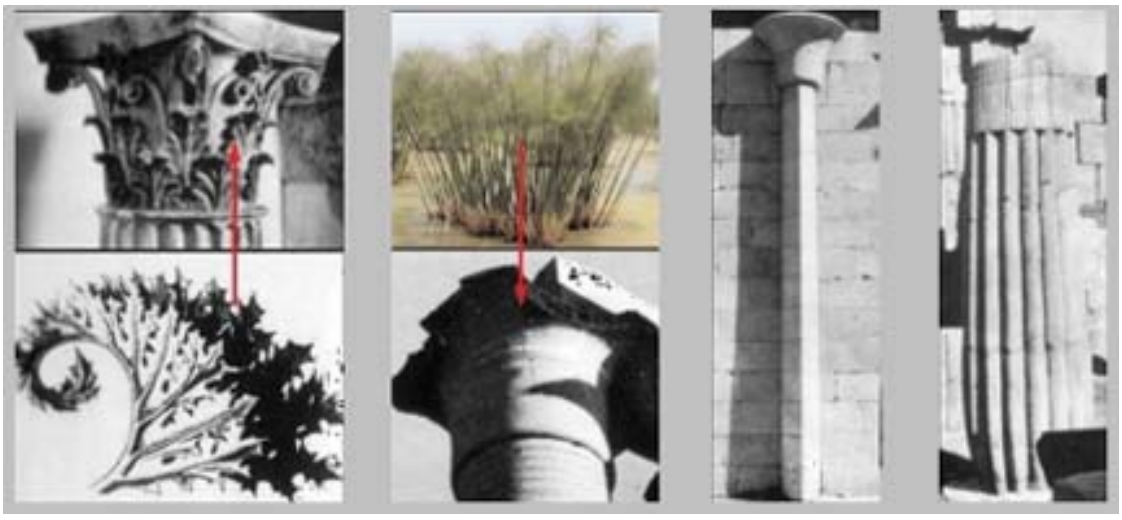
2.4 Mimarlık ve Fraktal Geometri

Günümüz mimarlığı "Kaos Teorisi" ile keşfedilen fraktaller ve "kendine benzerlik" (self similarity) kavramlarından etkilenmiştir. Bu anlamda çağdaş mimarlık örnekleri incelendiğinde, daha önce karşılaşılmayan ve alışık olunmayan çeşitli formların ortaya çıktığı, kavramsal anlamda çok farklı olgular üzerine oturtulan mimari yaklaşımların olduğu görülür.

Yakın zaman dilim mimari örnekleri incelendiğinde, bugünün mimarlığının oldukça farklı olduğu hemen fakedilir. Günümüz mimarisinde, Eukleides kaynaklı formların bulunmadığı ve yeni tasarımların "fraktaller, dalga formları ve kosmos'u oluşturan çeşitli kurgulardan oluştuğu görülür"(Jencks 2002).

Jencks'in bu düşüncesi çoğulculuk ve karmaşıklık kavramları ile tamamen örtüşmektedir. Kültürel çoğulculuğun farklı tatlar sunması gerekmektedir, farklı etnik geçmişler, farklı ekonomik gruplar halen mimariyi motive etmektedir.

Kendine benzer bir yapı gösteren fraktal kurgulara mimarlık alanında oldukça sık rastlanır. Bir yapının kitlesinden, iç mekanındaki en küçük elemana kadar yaklaşılarak birçok "kendine benzer" detaya sahip olduğu görülebilir. Avrupa'daki ya da Afrikada'ki geçmiş dönem mimari yapıların bazıları, bu anlamda iyi bir örnektir. Bir araştırma ile gotik bir katedralin kolon başlığının , katedralin küçük bir kopyası olduğu görülebilir. Böylelikle katedralin küçük parçalarından tamamını tahmin etmek olasıdır. Aslında mimarlık tarihinde sıkça rastlanan kendine benzer öğelerden oluşmuş bu yapı, fraktal mimaridir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 : Erken dönem mimaride fraktal örnekler. (Lorenz, 2002)

solda: Acanthus and - capital/ middle: Papyrus and - capital ~1450 B.C. sağda: Papyrus column ~ 2675 B.C./ Bundled papyrus column ~ 1500 B.C

2.4.1 Mimaride fraktal kurgu örnekleri

Bilimsel anlamda fraktallerin keşfi 20. yüzyıla dayansa da, geçmişten günümüze geniş bir zaman diliminde mimari örnekler incelendiğinde fraktal kurgulara rastlanır. Her zaman doğa, toplum yapısı, sosyal-kültürel yapılar tasarım sürecinde yol gösterici olarak kullanılmıştır ve bu şekilde, doğada var olan fraktal kurgular mimari tasarımlar üzerinde etkili olmuştur. Doğada var olan kendine benzerlik (self-similarity), benzer öğelerin tekrarı, mimaride de izlenmektedir.

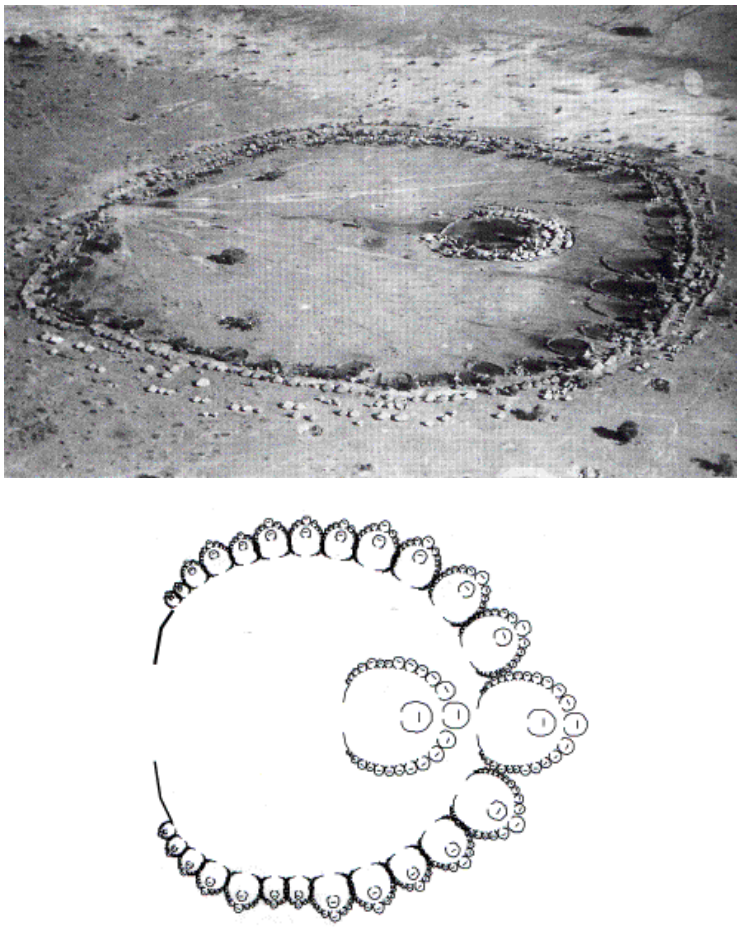
Çeşitli dönemler incelendiğinde, bütün dünyayı etkileyen, insanların hayatlarını ve yaşam tarzlarını etkileyen Endüstri Devrimi'nin, mimaride de büyük değişimlere yol açtığı görülebilir. 19. yüzyılda ortaya çıkan seri üretim kavramı, hızlı yapılanma ve üretim sürecini de beraberinde getirmiştir. Bu şekildeki üretim anlayışı tasarımcıları da etkilemiş, daha rasyonel formlar oluşmaya başlamıştır. Yapı tasarımlarına bakıldığında tuğlalar, çelik profiller, plakalar Öklid geometri şekilleriyle örtüşürler ve bu malzemelerin üretim ve pazarlamada basit çözümlerle sunulması sonucu da Öklid'in etkin olarak kullanıldığı tasarımlar ortaya çıkmıştır.

Günümüz mimarlığında bu yöndeki ilerlemeler dışında; fraktal kaynaklı, doğa tabanlı mimari hareketler de görülür. Mimarlık tarihi ele alındığında da, tarihin farklı dönemlerinde fraktal özellikler gösteren örneklerin çok sayıda olduğu söylenebilir.

Birçok farklı kültür ve coğrafyada fraktal mimari ile karşılaşmak mümkündür. Afrika mimarisinde fraktallerin rolü büyüktür. Don Eglash'ın Afrika Fraktalleri adlı kitabında, sosyal ve dini strüktürün mimariye yansıdığını belirtir. Buradaki tüm örnekler strüktürel özellikleri ve organizasyon sistemlerinin oluşumları açısından fraktal olma özelliği gösterirler.

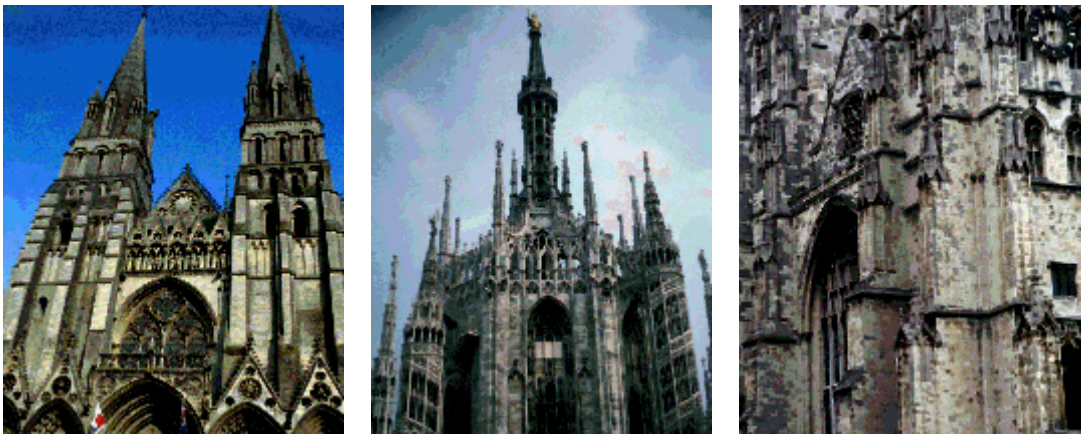
Eglash'a göre, Afrika'da yerleşmeler şehirler yerine büyük köyler olarak düzenlenmiş olup; düzen karmaşıktır ve fraktallerden oluşmuştur (Şekil 2.22).

En iyi örneklerden birisi, Güney Zambia'daki Ba-ila yerleşmesidir. Bu yerleşkede ailelerin evleri yüzük şeklindedir. Yüzük şeklindeki oluşum geliştikçe -arazinin eğimiyle de orantılı olarak- yapılar giderek büyüyen konutlar halini alır.



Şekil 2.22 : Ba-ila Yerleşmesi, Güney Zambia. (Url-4)

Avrupa'da da fraktal etkiler, mimaride kendini tekrar ederek gelişen detaylarla farkedilebilir. Gotik, Barok mimaride özellikle katedral ve kiliselerde her ölçekte bu etki hissedilmektedir (Şekil 2.23).



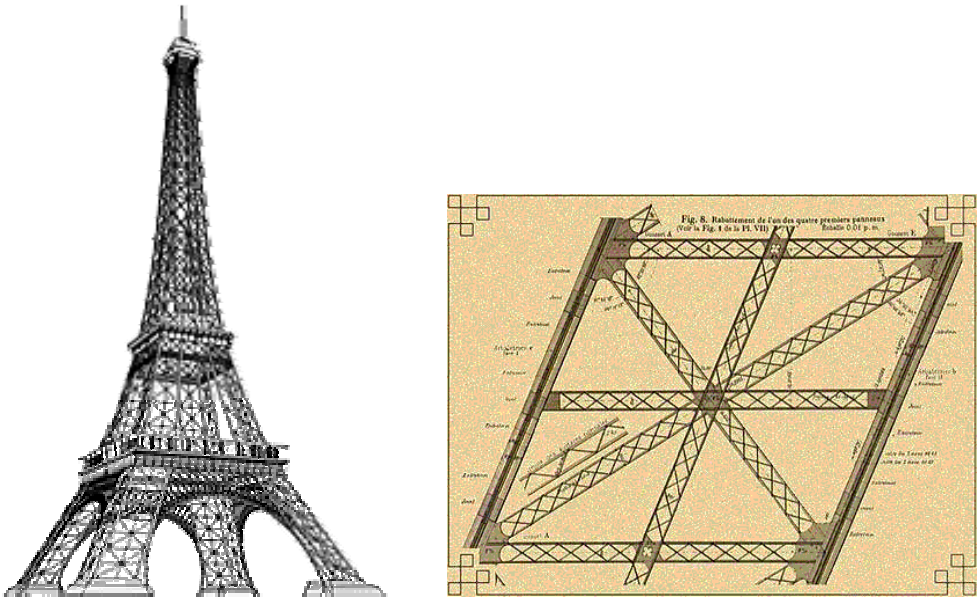
Şekil 2.23 : Avrupa'da fraktal etkiler. (Url-5)

Gotik katedrallerin en küçük detaylarından en büyüğüne kadar fraktalların kendine benzer özellikleri görülür. Büyük bir kemeri oluşturan küçük kemerlerde, onları oluşturan daha küçük detaylarda yine aynı kurgu gözlenir. Bu dönem mimarisinde, kendine benzerlik çok güçlü bir ifade ile ortaya çıkar.

Eglash'ın bazı soruları da düşünülenleri doğrular niteliktedir: Neden özellikle bu zaman diliminde yapıların her ölçeğinde süren tekrarlara rastlanmaktadır? O dönem mimarları doğadaki fraktal düzeni tekrarlamaya mı çalışmışlardı? Bu hiyerarşik kurgunun temelinde yatan şey, teolojik sıradüzensizliğini mi temsil etmektedir?

Gustav Eiffel'in Paris'te inşa ettiği Eiffel Kulesi'nin ayrıntılarında fraktal eğrinin kullanıldığı açıkça görülebilir. Kulenin 4 adet A şeklindeki strüktürden oluştuğu gözlenir. Kule ve A'lar masif elemanlardan oluşmadığı halde, büyük bir örüntü ortaya çıkarırlar. Bu örgü sistemi rijittir ve birbirine bağlanan alt gruplardan oluşur ve en son yapı elemanı deforme olana kadar deforme olmayan bir kurguya sahiptir. Bunların yanı sıra bu örgü sistem, çeşitli profillerden oluşan tek parçalı strüktürlere göre çok daha hafif bir yapıya sahiptir (Şekil 2.24).

Momentin ve yükün sistemin bağlantı noktalarında çözülmesi fikri, Buckminster Fuller tarafından geliştirilmiştir ve bu fikir dikkatli incelendiğinde gotik katedrallerin inşası sırasında da kullanıldığı yani o dönem mimarları tarafından da bilindiği görülür.



Şekil 2.24 : Eiffel Kulesi. (Url-6)

Resimlere bakıldığında örgü sistemin detayları ve kendine benzeme özelliği anlaşılabilmektedir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25 : Eiffel Kulesi detaylar. (Url-6)

Hindistan ve Güneydoğu Asya'daki tapınaklarda da fraktal kurgulu strüktürlere rastlanır. Hint mimarisinde, bazı bölgelere ve dönemlere göre değişen üslup farklılıkları olsa da genelde sistemlerde üsluplar çok fazla önem taşımaz. Önemli olan konuttan kente kadar uzanan, ancak özellikle dinsel yapılar çevresinde oluşan geniş bir ölçek kapsamında, katı kurallara sahip Budist ya da Hindu mitoloji ve kozmolojisinin her seferinde yeniden inşa edilmesidir (Şekil 2.26).

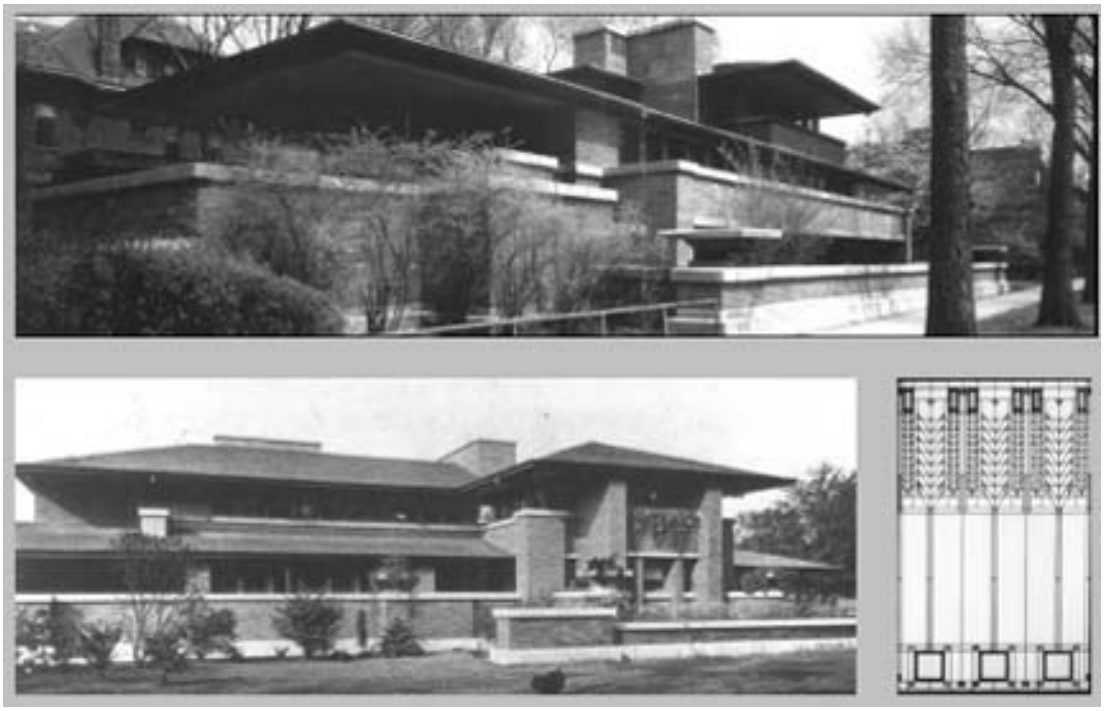


Şekil 2.26 : Hindistan'da tapınaklar. (Url-7)

2.4.2 Organik mimarlık

1970ler'den sonra gelişen bilgisayar teknolojisiyle kaosu çözmenin, kaosu anlamanın daha kolay olduğunu biliyoruz. Ancak kaosun evrenin varoluşundan beri varlığını biliyoruz. Tarihte fraktalların mimari üzerinde uygulanmış olabileceğini düşünen araştırmacılar, çeşitli üsluplara örnek teşkil eden birçok yapının algoritmasını çıkararak karşılaştırmalar yapmışlardır ve bu yapıların halen ayakta durmasını doğa kaynaklı oluşlarına bağlamışlardır. Doğadaki canlılardan bitki ve hayvan anatomilerinden çıkarılan fraktallarla, bu yapıların fraktal geometriyle hesaplanan algoritmalarının aynı olduğunu kanıtlamışlardır. Organik mimariye baktığımızda buradan da aynı sonuca ulaşabiliriz.

Organik mimarlık, mimari ve doğa-kır-bahçe arasındaki uyumu gerçekleştirmeye çalışır. Kökeni 19. yüzyılda biyolojik bilgi üzerine kurulu "yeni sanata" dayanır. Frank Lloyd Wright organik mimarinin en tanınmış represantif mimarlarından biriydi. Sullivan'ın prensiplerinden ilerleyerek içeriden dışarıya doğru plan geliştiren Wright, amaca, materyale ve konstrüksiyona dikkat ederek çevresel şartların dışına çıkan organik evler vücuda getirdi. En önemli örnekleri ise "kır evi–praire house" diye adlandırılan insanoğlunun meydana getirdiği mimariyle doğayı uyumla birleştiren bu örneklerdir.



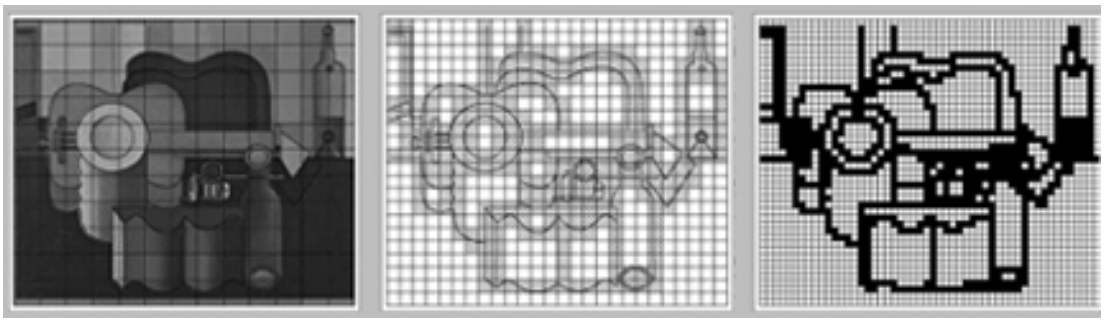
Şekil 2.27 : Frank Lloyd Wright- Prairie houses. üstte:1909, Robiehouse,at Chicago altta : 1906, Darwin Martin house, Buffalo (Bovill, 1996)

Benzer örnekleri ele aldığımızda bunları organik mimarlık olarak çağıramayız. Frank Lloyd Wright doğadan esinlendiğinde, doğayı kopyalamadı, fakat mimariye transfer etti; o spesifik formların, yapıların tanımını arıyordu. Temel düşünceden hareketle bütün formal elementler skalada birlikte tutulur. Kompleks formlar temel kuralların ve düşüncelerin dışında geliştirilir–küçük parçalar bütünle aynı özellikleri taşır– (Şekil 2.27).

Modern

"Fractal Geometry in Architecture and Design" kitabında Carl Bovill, Le Courbusier'in a kübist resim çalışmalarının fraktal ölçümlerini yapmıştır ve bunun üzerine de modern resim ve yapılarındaki enteresan detayları gösterme ihtiyacı duymuştur.

Pürizm ve doğa arasında nasıl bir bağlantı olabilir ve eğer varsa bunu nasıl fark edebiliriz? Sonuçta temel kural belli bir harmoni ve düzenin var olmasıdır. Buna bağlı olarak Euklidien şekiller ve renkler temel doğa kurallarına dikkat çekiyor. Ancak Bovill'in ölçümlerine göre temel doğa kuralları bu resim ve yapılara belli bir ölçekte uygulanıyor (Şekil 2.28).



Şekil 2.28 : Le Courbusier, Nature Morte à la Pile D'assiettes. (Url-8)

D(13-26)=(log300-log104)/(log26-log13)=1.528;
D(26-52)=(log726-log300)/(log52-log26)=1.275;
D(52-104)=(log1604-log726)/(log104-log52)=1.144;

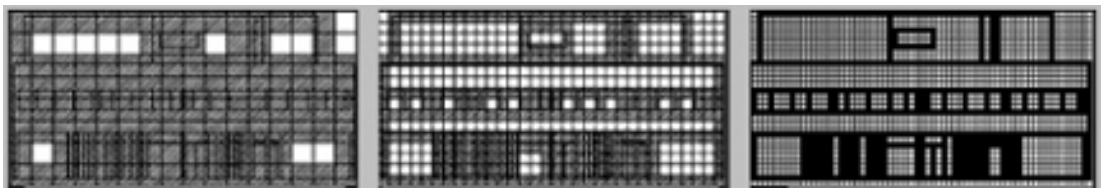
Bovill'in ölçümlerinin sonuçları: D(13-26)=1.53; D(26-52)=1.12

Aynı fenomen "Villa Savoye" da da farkediliyor, buna Le Corbusier "içinde yaşanılan makine" diyor. Bu insan inşası ya da tasarımı geometrinin natural geometriye fraktallarla uyarlanışına örnek olabilir (Şekil 2.29).

Bu yapının ölçümlerine göre, 1/16 ile 1/32 ölçekleri sonucu 1.42, 1/32 ve 1/64 ölçeklerinin sonucu 1.33. Buradan şunu anlıyoruz ki resimlerde ve yapılarda Euclidean geometriye tam olarak ulaşılamamış. Fakat bunun yanısıra, cephedeki doluluk boşluk oranlarına bakıldığında Euclidean geometriye uygun detaylar çıkarabiliyoruz. Yapısal derinliğe indiğimizde doğallık belli bir noktada kayboluyor.

D(16-32)=(log308-log115)/(log32-log16)=1.42;
D(32-64)=(log773-log308)/(log64-log32)=1.33;
D(64-128)=1.17

Bovill'in ölçümlerinin sonuçları**: D**(14-28)=1.42; D(28-56)=1.33



Şekil 2.29 : Le Corbusier - Villa Savoye. (Url-8)

Kutu Sayım Yöntemi ile fraktal değerleri hesaplanan Le Corbusier'in Nature Morte à la Pile D'assiettes adlı resminde (Şekil 2.28) ve Villa Savoye (Şekil 2.29) da, ulaşılan fraktal değerlerin 1' e çok yakın değerler taşıdığını görüyoruz. Bu şekilde de çalışmalardaki detay derinliğinin azaldıkça, fraktal değerin azaldığını ve Euclid form değerlerini (1'e yakın) gösterdiğini fark edebiliriz.

2.4.3 Günümüz mimarlığı ve fraktal kurgular

Günümüz mimarlığı fraktal geometriye dayalı özellikler açısından incelersek, bilinçli ya da istem dışı birçok örneğe rastlamak mümkündür.

Moshe Safdie'nin Habitat Konut Grubu tasarımı fraktallardan oluşturulmuş bir salkım görüntüsünü taşımaktadır. Belirli bir algoritma geliştirilerek değişken elemanların tasarlandığı hissini yaratmaktadır (Şekil 2.30). Tasarımcı, bütün canlıların –bitkiler dahil- varlıklarını en uygun ve ekonomik olarak sürdürebilecekleri bir biçimde varolacağını ve insanoğlunun da yaptıklarının, doğadaki varlıkların, varoluş özelliklerine ne kadar yaklaşabilirse o kadar doğru sayılması gerektiğini düşünerek hareket etmiştir.

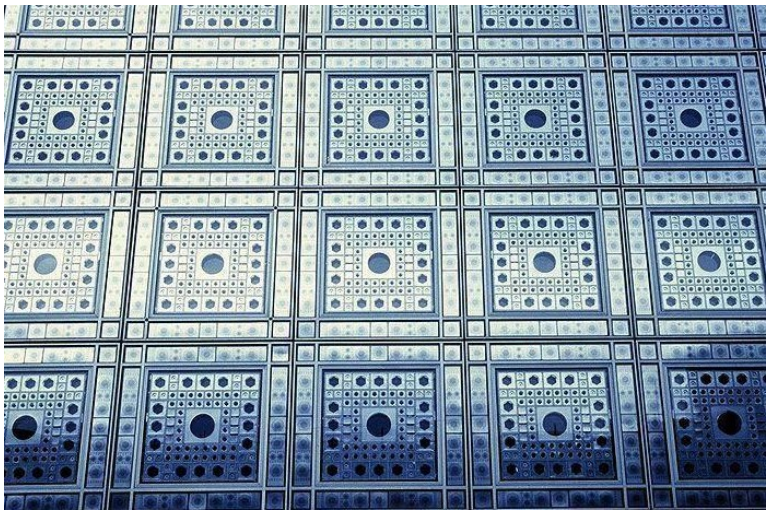


Şekil 2.30 : Moshe Safdie - Habitat ‘67/ Montreal, Canada. (Url-9)

350 prefabrik küp modülden yola çıkılarak tasarlanılan konut grubunda, şehir yaşamında apartmanlarda yaşayanların kendilerine ait bağımsız daireleri ve manzaraları olması amaçlanmıştır. Yerleşmedeki her küp bir yaşama alanını temsil etmektedir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31 : Moshe Safdie - Habitat ‘67/ Montreal, Canada. (Url-9)



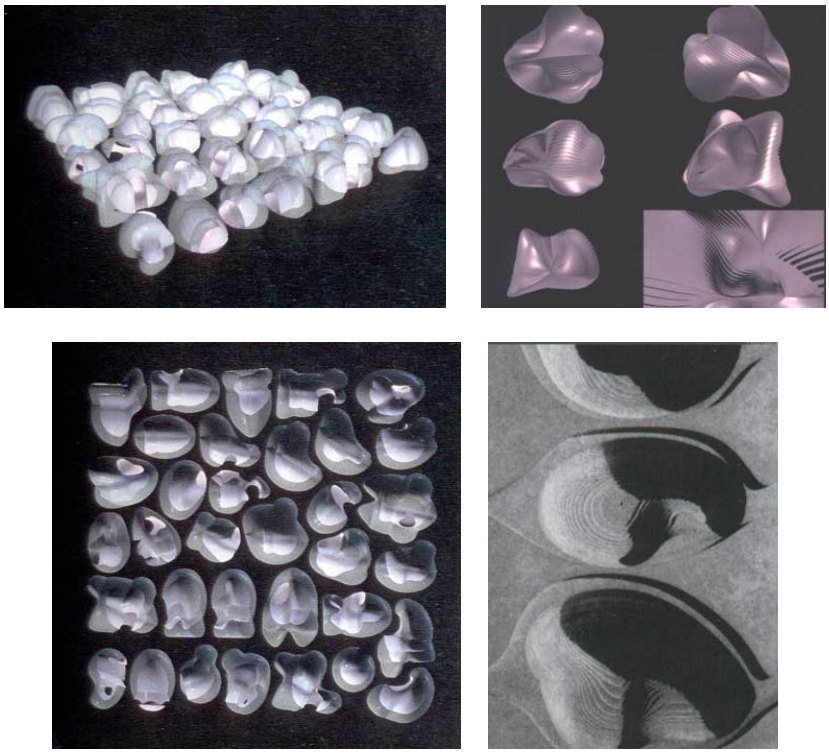
Şekil 2.32 : Jean Nouvel, 1988-L'Institut du Monde Arabe/ Paris, France. (Url-10)

Jean Nouvel L'Institut du Monde Arabe tasarımıyla, Arap süsleme sanatındaki tekrarları fotoğraf makinesinin diyaframına dönüştürerek, ışık kontrolünü sağlamıştır. Bu şekilde cephede birbirini tekrar eden bir örüntü oluşturmuştur. Bu proje ile Nouvel, çağdaş teknoloji ve yöresel sanatları bir arada kullanıp bir sentez oluşturmuştur (Şekil 2.32 ve Şekil 2.33).



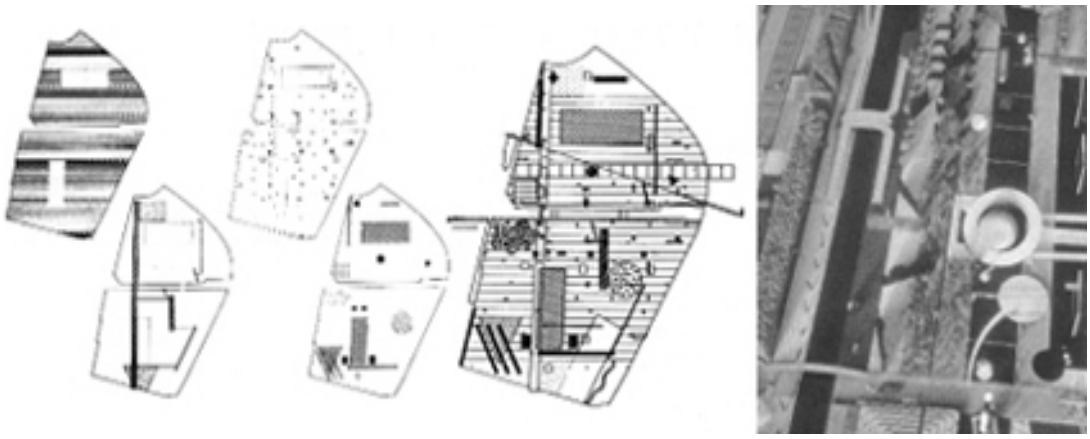
Şekil 2.33 : Jean Nouvel, 1988-L'Institut du Monde Arabe/ Paris, France. (Url-10)

Biçim gramerleri, tanımlanan temel biçimleri, bu biçimlerin oluşturduğu bir biçim kütüphanesi ve bu biçimlere uygulanan dönüşüm kurallarını kapsayan üretken tasarım sistemleridir (Çağdaş, 2006). Fraktal yaklaşımlar ise, biçim gramerinin özel bir uygulama alanı ve alt kümesi olarak, bilgisayar destekli tasarım kapsamında ve bilgisayar ortamında üretken algoritmalarla temsil edilmektedir.



Şekil 2.34 : Greg Lynn, 1998-Embryo House (Casa Embrião). (Peter Zellner, Hybrid Space, 2000)

Biçim gramerleri, üretken mimari tasarım yaklaşımlarında yaratıcılığı destekleme yönünde ve yenilikçi tasarım amacıyla günümüzde birçok farklı şekilde kullanılmaktadır. Bernard Tschumi'nin Paris'teki Parc la Villette projesinde yerleşim planı, gökyüzündeki yıldız şemalarından yola çıkılarak tasarlanmıştır. Yıldızların dağılım ilkesi de fraktal geometriyle açıklanabilir nitelikte ve üretken mimari tasarıma kaynak olabilir bir şemadadır (Şekil 2.35, Şekil 2.36 ve Şekil 2.37).



Şekil 2.35 : Bernard Tschumi-Parc la Vilette/Paris. (Url-11)



Şekil 2.36 : Bernard Tschumi-Parc la Vilette/Paris. (Url-11)



Şekil 2.37 : Bernard Tschumi-Parc la Vilette/Paris. (Url-11)

Fraktaller, bilgisayar destekli mimari tasarım alanında, tasarım yardımcı aracı ve sözdizimsel (syntactic) bilginin temsili amacıyla kullanılan biçim gramerlerinin bir alt kümesi olarak kabul edilmektedir. Biçim grameri ile karşılaştırılırsa, fraktaller biçimin üretim sürecinde kullanılan kural sayısı daha az, kuralın tekrar sayısı daha fazla ve biçimin kendine benzerlik özelliği yüksek olan, geometrik nitelikli tasarıma yardımcı bir araçtır. (Shmitt ve Chen, 1991)

2.5 Üretken Algoritmalar

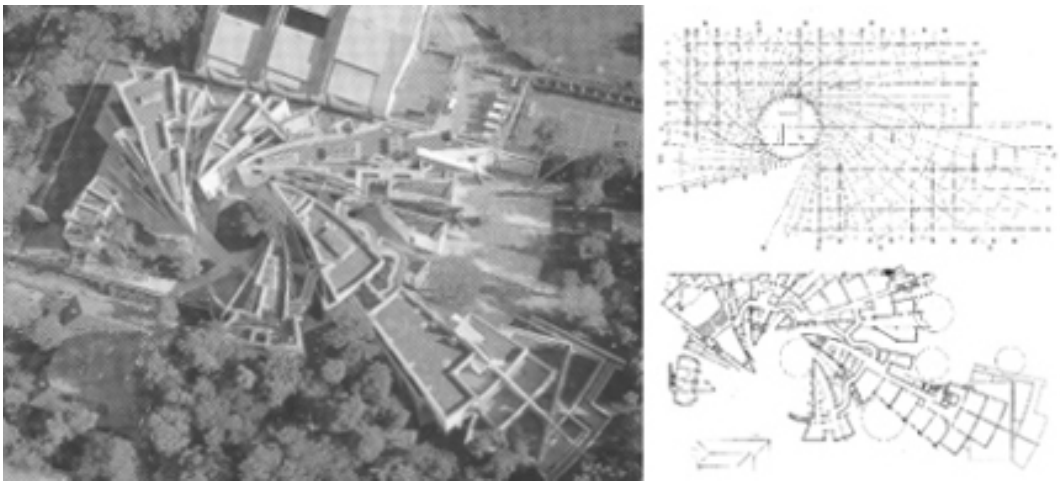
2.5.1 Fraktal geometri ve üretken algoritmalar

Algoritma, önceden belirlenmiş bir işi sonlu bir zamanda gerçekleştiren sonlu sayıda komutlar topluluğu olarak tanımlanırsa; doğada var olan ve fraktal geometrinin temelini esas alan kendine benzerlik kavramı algoritmalarla da çözümlenebilir. Bir bitkinin algoritması, kendi içindeki kurgusuna uygun bir şekilde sonsuz tekrarlarla yazılabilir. Bu şekildeki bir çevrimle aynı formdan yapay bir bitki oluşturulabilir.

Üretken algoritmalarla yapılan her çevrimden sonra, en başta var olan formun benzerlerini yaratma olanağı bulunmaktadır. Doğadaki tekrar (çevrim) sayısı 3-4 defa ile sınırlıdır. Benoit Mandelbrot, oluşturduğu kurgu ile bu tekrarı sonsuz sayıda üretmeyi amaçlamıştır ve başarmıştır. Bu sonsuz tekrar aynı zamanda Kaos Teorisi'ni de açıklar niteliktedir.

Üretken algoritmalar, doğadaki temel bir kural üzerine kurulurlar ancak doğadaki düzende çevrimler sınırlıdır. Sonsuz çevrimler ile algoritmalar yazılırken doğa taklit edilebildiği gibi, bir soyutlama yapılarak yeni kurgular, formlar da oluşturulabilir (Şekil 2.38). İki boyutlu olarak kurgulanan algoritmalar, mimari tasarımda, plan ve cephe sistemleri geliştirmek amacıyla geliştirilirler. Fraktal kurgularla geliştirilen üretken algoritmalar mimari tasarıma destek olarak çok yönlü bir şekilde mimari modeller üretmede araç olarak kullanılmaktadır.

Koch eğrisi de fraktalların keşfinden önce aynı mantıkla oluşturulmuştur.



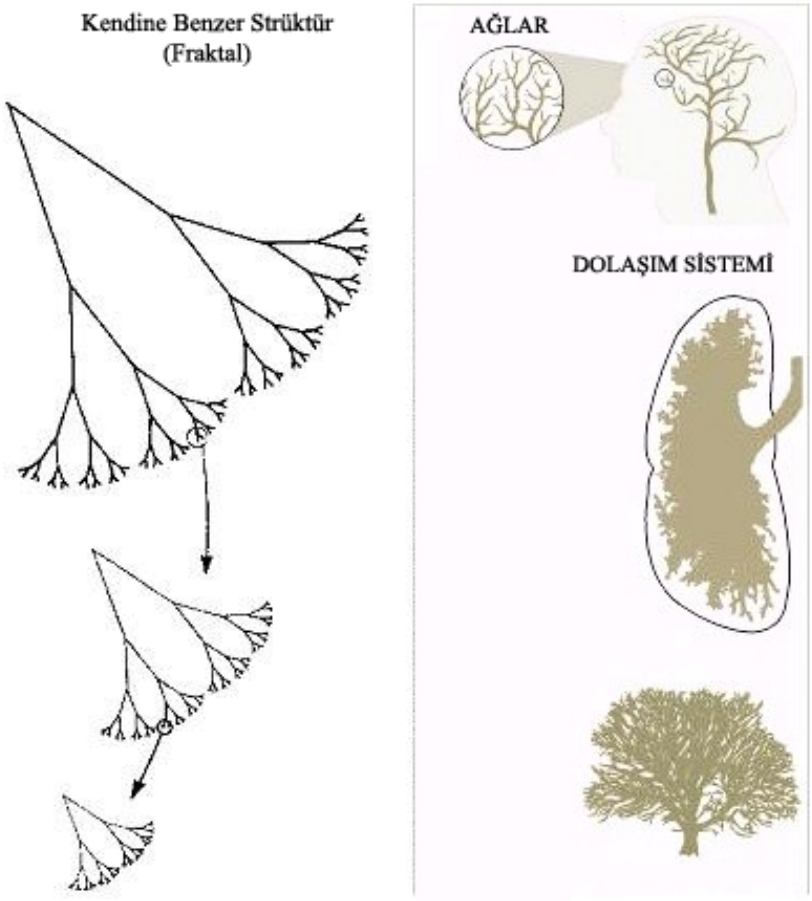
Şekil 2.38 : Zvi Hacker - Galinski school/Berlin, Germany. (Url-12)

3. DOĞADA VE MİMARİDE FRAKTALLER

3.1 Biyolojide Fraktaller

Biyolojik yapıların kaosla ilişkileri tamamıyla kompleks yapıdan olmalarından kaynaklanmaktadır. Biyolojik evrim süreci başlangıç koşullarına hassas bağlılık gösterir, tersinmez ve nonlineerdir (Bunde ve Havlin, 1994).

Biyolojik sistemlerde alt sistemlerle etkileşim halinde olan ölçekler arası bir düzen bulunmaktadır. Organizma alt bileşenlerine tek tek parçalara ayrılıp incelenemez ve bütün sistem bu şekilde anlaşılamaz (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Biyolojide kendine benzerlik. (Url-13)

Hücreler arası ve hücre içi yaşamsal faaliyetleri sürdüren aminoasit, enzim gibi elemanların bir araya geliş şemalarında fraktal boyutla karşılaşılmaktadır. Hücre-hücre teması sırasında oluşan bağlantı 2.2-2.5 boyutludur ve bu bağlantılar yoğun kaotik öğeler içerirler. Bu öğeler, parçaların dinamik yoldan birbirlerine kenetlenmelerindeki kusursuzluğun ve tamlığın vazgeçilmez önkoşuludur (Cramer,1998).

Damarlar, böbrek süzme kanalları da fraktal bir şekilde dallanmaktadırlar. Damarların çatallanmaları ve Koch eğrisinin sonlu bir alanda sonsuz uzunluğa sahip bir çoklu doğru oluşturmasında olduğu gibi sonlu bir hacimde neredeyse sonsuz bir yüzey sağlayarak tüm hücrelerin birbirine madde aktarmasını olanaklı kılar. Pratikte sonsuz kabul edilebilecek bir yüzeye sahipken hacmi böbrekle sınırlıdır. Dokuların birçoğunda, hücrelerin hiçbiri en yakındaki kan damarına üç ya da dört hücrelik mesafeden daha uzak olmamasına rağmen damarlar ve kan beden içerisinde %5 gibi çok az bir yer tutmaktadır. Bronşlardaki dallanmayı klasik ‘’eksponansiyel’’ yaklaşımla betimlemenin yanlış olduğu ortaya çıkmış; fraktal bir betimlemenin verilere daha uygun olduğu anlaşılmıştır (Gleick, 1997).

3.2 Liken Biyolojisi

Liken, alg (fotobiyont) ile mantar (mikobiyont) hücrelerinin morfolojik ve fizyolojik ilişkileri ve "simbiyotik" birliktelikleri sonucu oluşan yeni organizmadır. Liken yapısında bulunan algler çoğunlukla Chlorophyta (yeşil algler), veya Cyanobacteria (mavi-yeşil algler) sınıfındandır. Liken oluşturan mantarlar ise çoğunlukla (% 98) Ascomycetes (Asklı mantarlar), tropik likenlerde ise (% 0.4) Basidiomycetes (Basidli mantarlar), (%1.6) az bir kısmı da Deuteromycetes sınıfındandır. Ülkemizde likenlerin tümü Askolikenlerdendir, Basidiolikenlere rastlanmamıştır. Mantarların beşte biri, Ascomycetes sınıfının yaklaşık yarısı (%46) likenleşmiştir. Likenler sistematik sınıflandırmada mantarların sonunda diğer mantarlardan (=non-lichenized fungi) farklı olarak "Lichenized Fungi" likenleşmiş mantarlar (bazı sınıflandırmalarda ayrı bir sınıf) olarak yer alır. Yeryüzünde yaklaşık 20000 türü olduğu sanılmaktadır. Ülkemizde ise yapılan araştırmalarda 1000 in üzerinde tür kaydedilmiştir. İlk çalışmalar yabancı bilim adamları tarafından yapılmıştır. Türk araştırmacıların liken çalışmaları ise son yıllarda artarak devam etmektedir. (Nash III, 1996).

"Simbiyotik" ortak yaşam, her iki partnerin de fayda sağladığı mutualistik bir ilişki olmalıdır. Alg fotosentez yaparak her iki bileşen için de gerekli olan besini elde eder. Mantar ise hifleri ile ortamdan (substrat) su ve mineralleri absorbe eder. Mantar hifleri ile sarılan alg hücreleri kuruma tehlikesinden de kurtulur. Liken içindeki bazı algler doğada serbest olarak da yaşayabildikleri halde liken oluşturan mantarlar doğada serbest olarak bulunmazlar.

Bir liken tallusu içinde bazen birden fazla alg ve mantar türü de bulunabilir. Bu ilişkiden en çok yararlanan mantar gibi göründüğü için bazı likenologlara göre bu bir çeşit "kontrollü parazitlik" örneğidir.

Morfolojik olarak likenler 3 ana grupta incelenir:

1- Kabuksu (crustose) likenler: substrata doğrudan medulla ile çok sıkı tutunurlar. Örnek: Lecanora campestris, Rhizocarpon geographicum(Şekil 3.3).

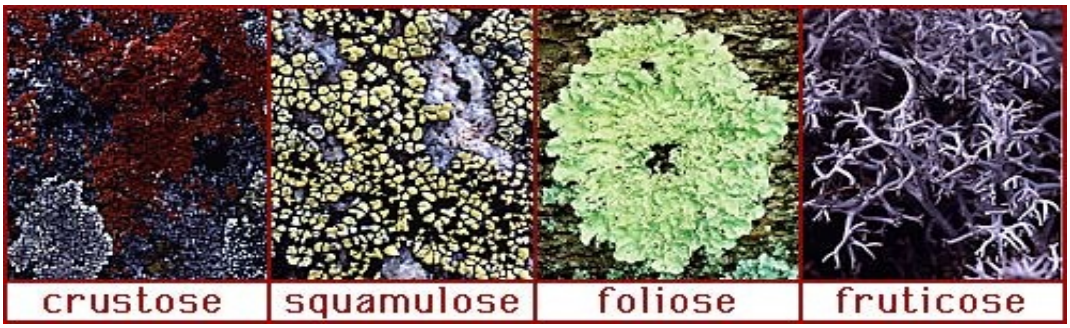
2- Yapraksı (foliose) likenler: substrata alt korteks ve rizinIeri ile gevşek tutunurlar. Örnek: Xanthoria parietina, Parmelia, Collema.

3- Dalsı-çalımsı (fructicose) likenler: substrata tek bir noktadan tutunarak sarkan ipliksi veya şerit şeklinde tallusa sahiptirler(Şekil 3.3). Örnek: Usnea florida, Evernia prunastri, Pseudevernia furfuracea(Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Bryoria fremontii ve Evernia prunastri dalsı liken türleri. (Çobanoğlu, 2005)

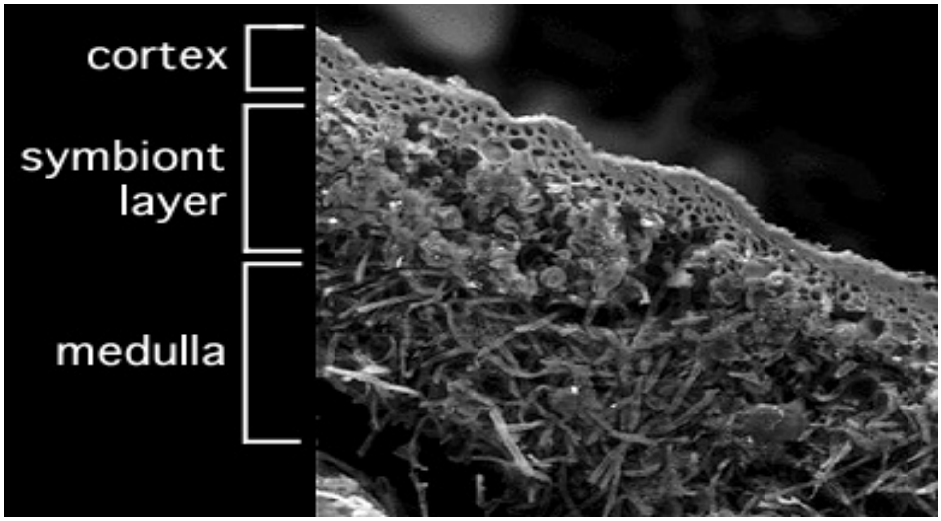
Ayrıca unsu görünümlü, pulsu ve dimorfik (primer ve sekonder tipte iki farklı tallusa sahip olan) liken türleri de mevcuttur. Şekil 3.4'te görülen dimorfik tallusa sahip olan Cladonia türleri bu türe örnektir. Cladonia fimbriata, "primer tallus" tabandaki pullar ve "sekonder tallus" ise kadeh şeklindeki "podesyumlar" olmak üzere dimorfik tallusa sahiptir.



Şekil 3.3 : Liken türleri; kabuksu, pulsu, yapraksı, dalsı. ((Url-14)



Şekil 3.4 : Cladonia fimbriata. (Çobanoğlu, 2005)



Şekil 3.5 : "Heteromerik tallus''enine kesitte tabakalar: Korteks, alg tabakası gonid, mantar tabakası medulla. (Url-14)

3.2.1 Simbiyoz yaşam ve liken fizyolojisi

Likeni oluşturan alg ve mantar partnerleri morfolojik transformasyona uğrayarak serbest yaşamlarındakinden farklı olurlar. Oluşan organizma, liken, her iki bileşene de benzemeyen farklı bir morfolojik bütünlük gösterir. Likenler uzun ömürlü fakat çok yavaş gelişen (kabuksularda yılda 1 mm, bazı yapraksılarda birkaç cm) organizmalardır. Çok stresli, zor şartlara dayanıklı olmalarındaki en büyük sebep su stresi ile girdikleri dormansi (uyku) periyodudur. Bu durumda algin fotosentezi durur, solunum ise devam eder ve böylece uzun süre canlı kalabilirler. Nem yeterli olduğunda ise fotosentez tekrar başlar.

Normal şartlarda üretilen karbohidrat ve protein metabolizmasının yerini stresli şartlarda lipid metabolizması alır. Çöl likenlerinin günlük metabolizması çiğ ve kırağı sayesinde sabahları birkaç saatle sınırlıdır. Kutuplarda aylarca kar ve buz altında kalan likenler lipid metabolizmalarını işleterek hayatta kalırlar. Nitrojeni (azot) az ortamda mavi-yeşil alg partneri liken için N2 fiksasyonu (atmosferik azotu azotlu bileşiklere dönüştürerek fikse etme) yapar. Bazı yeşil alg içeren likenler tallusun belli bölgelerinde mavi-yeşil alg de içerirler.

3.2.2 Ekolojik değer

Likenler atmosferik kirlilik (S02, metaller, radyoaktif maddeler) için indikatör görevi görürler. Yüksek bitkilerde olduğu gibi kök, gövde, yaprak farklılaşması ve iletim sistemine sahip olmadığı için likenler havadaki nem ile birlikte kirleticileri de doğrudan doğruya talluslarında biriktirirler. Bu nedenle kirleticilerden kolayca etkilenen özellikle dalsı ve yapraksı liken türleri o bölgede ortadan kalkarak yerini daha dayanıklı kabuksu türlere bırakır.

Likenler salgıladıkları liken asitleri ile tutundukları kayayı yavaş yavaş delip ufalayarak toprak oluşumunda da rol alırlar. Oluşan ince toprak tabakasında başka likenler ve karayosunlarının gelişmesine ve organik madenin sürekli artmasıyla daha yüksek bitkilerin gelişmesine olanak sağlayan süksesyonda öncü bitkilerdir.

3.2.3 Kullanım alanları

Likenler alg ve mantar partnerlerinin ayrı iken üretemedikleri, yalnızca liken oluşturduklarında fizyolojik birliktelikleri sonucu ürettikleri sekonder bileşiklere sahiptirler. Bu maddelerin çoğu asit özellikte olduğundan liken asitleri de denir ve

liken türlerinin tayininde önemlidir. 630 kadar liken asidi bilinmektedir. Bu maddelerden tıp ve eczacılıkta olduğu gibi parfümeri, boya, kimyasal endüstrilerde de yararlanılmaktadır. Örneğin Roccella türlerinden kimyada kullanılan turnusol boyası ile orsey isimli kırmızı ve mor boya maddeleri elde edilir. Yine Cladonia rangiformis' den etil alkol elde edilmektedir. Usnea türlerinin antibakteriyal etkileri saptanmıştır ve Usnik asitten antiseptik kremler yapılmaktadır. Ayrıca antifungal, antikanserojen ve antiviral etkileri de tespit edilmiştir. Kuzey Avrupa ülkelerinde Ren geyiğinin besinini oluşturan Cetraria islandica'nın çayının eskiden beri öksürüğe iyi geldiği bilinmektedir. Fransa ve Yugoslavya'da yılda tonlarca toplanan Evemia prunastri ve Pseudevemia furfuracea' den makyaj pudrası yapımında yararlanılmaktadır.

3.3 Likenler ve Fraktaller

Doğadaki organizmaların fraktal boyutlarının bilim teknolojilerinde kullanılmasına 1970li yıllardan itibaren başlanmıştır. Brokoli bitkisi fraktal dizilim ve kendine benzeme özelliği açısından en iyi örneklerden biridir. Bunun yanısıra bilim adamları diğer bitkileri fraktal dönüşümleri açısından karşılaştırmaya başlamışlardır.

Bunlardan en ilginci liken araştırmalarıdır. Likenlerin bu araştırmalarda kullanılma sebepleri öncelikle hava tahminleri aracılığıyla meteorolojide kullanımları, ekolojik değerleri ve asidik bünyeleri sayesinde de kimya ve biyoloji alanlarındaki işlevsellikleridir. Çok çeşitli bölgelerde ve iklim koşullarında yaşayabilmeleri, dayanıklılıkları, çeşitlilikleri ve doğada en uzun süre (300 ve daha fazla sene) yaşayan canlılardan olmaları fraktal araştırmalarında seçilmelerinde önemli rol oynamıştır.

Likenler, yüzey büyüklükleri ve de büyüme oranları küçük canlılardır. Bu da likenlerle ilgili araştırmalarda en çok dikkat çekilen ve neden-sonuç araştırmalarının başlangıç noktalarındandır.

Yapılan araştırmaların ilklerinden biri olması açısından Morse ve Lawton'un likenler üzerine tespitleri örneklenmiştir.

Morse(85) ve Lawton(86), liken yüzeylerinde bulunan artropotların vücut ölçü dağılım eğrileri için tek açıklamanın bitki yüzeylerinin fraktal boyutları olduğunu öne sürmüşlerdir. Bir çok odunsu bitki türünün çapraz ve lineer kesitini

Mandelbrot'un kutu sayım yöntemini kullanarak tespit etmiş ve Fraktal boyut D'yi ortaya çıkarmışlardır. İlk olarak, kutu sayım yöntemi ile odunsu bitkilerin iki boyutlu resimleri üzerinde hesaplama-bölümleme yapılmıştır. 10 odunsu bitki türü için kabul edilen fraktal boyut ortalama 1-44 olmak üzere, değerler 1-31 ve 1-79 arasında değişmektedir.

Çok çok küçük bir cetvelle ölçüldüğü takdirde, fraktal boyut D, 2 nokta arasındaki doğrusal uzaklığın artış oranının bir ölçüsüdür. 1-44 fraktal boyutu, organizmaların vücutlarının büyüklüğündeki azalma düzeninin, habitatlarında algılanan iki nokta arası doğrusal uzaklığın (L) artışını gösterir. Böylelikle habitat yüzey alanı (L^2) olur veya bu büyüklüğe yaklaşık bir düzen olur.

Daha küçük organizmaların daha az kaynak kullandığını düşünürsek, belirtilen fraktal argümana metabloik argüman da ilave edilmelidir. Genel olarak kaynak kullanımının oranı (R) ve vücut ağırlığı (W), R – W olarak bağlıdır.

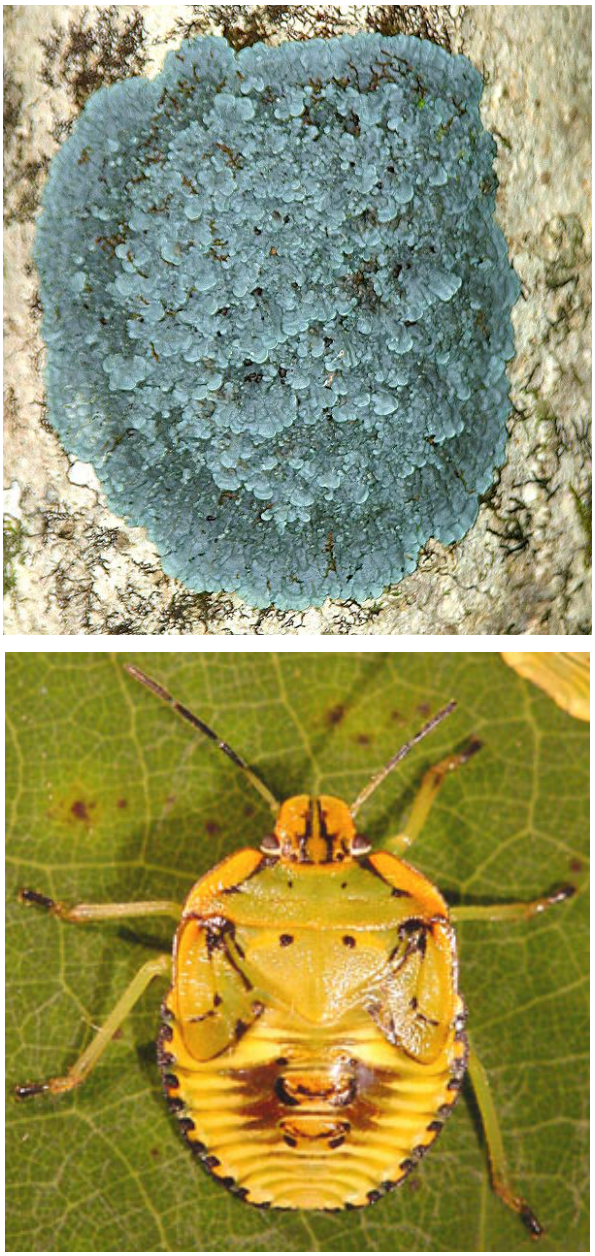
Eğer popülasyon yoğunluğu, kaynak kullanımının ayrı ayrı oranlarının karşıtlığına yaklaşık olarak oranlıysa popülasyon yoğunluğu yaklaşık olarak;

$W - 0{,}75$ yahut $L^3 - 0{,}75$ ölçülecektir.

80li yılların sonlarından yapılan çalışmalarda (Morse et al, 1985; Lawton, 1986), odunsu bitki yüzeylerinin çapraz kesitlerinin fraktal olduğu görülmüştür. Deneylerde, bir fraktal eğrinin ya da yüzeyin önemli bir özelliğinin, ölçme birimi düştükçe fraktal uzunluğun ya da alanın oransız olarak büyümesi olduğu tespit edilmiştir (Sugihara-May, 1990).

Bu bilgiden, odunsu bitkilerin yüzeyinde, daha küçük organizmalar için (küçük ölçü birimi), daha büyük organizmalara göre daha fazla alan olduğu anlaşılmaktadır ve böylece küçük organizma sayısı büyükten daha fazla olmalıdır. bu ilişkiyi tam gösteren eğim de yüzeyin fraktal boyutundan ve kaynağın başlı başına kullanımından tahmin edilebilir olmalıdır.(Lawton 1986). Bununla birlikte artropod (eklembacaklılardan) vücut ölçülerinin dağılımı için bu açıklama doğruysa, bu bir skaladan bağımsız olmalıdır.

Bu deneyle, küçük ölçekli likenlerin yüzeylerinin çapraz kesitlerinin fraktal olduğu görülür ve üzerlerinde bulunan küçük artropotların vücut ölçülerinin dağılımı benzer şekilde fraktal boyutundan öngörülebilir(Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : Liken ve artropod. (Url-15)

Yapılan deneyler sonucu küçük organizmaların popülasyon yoğunluğu, daha büyük organizmalara (30 mm uzunluğundaki organizmalar) göre 178 kat fazladır. Buradan vücut boyutları dağılımının fraktal açıklamasına dayalı bir analiz rapor edilmiştir. Yüzey küçüldükçe fraktal boyut artmıştır ve fraktal çalışmalarda likenler daha büyük organizmalara göre daha çok kolaylık tanımışlardır.

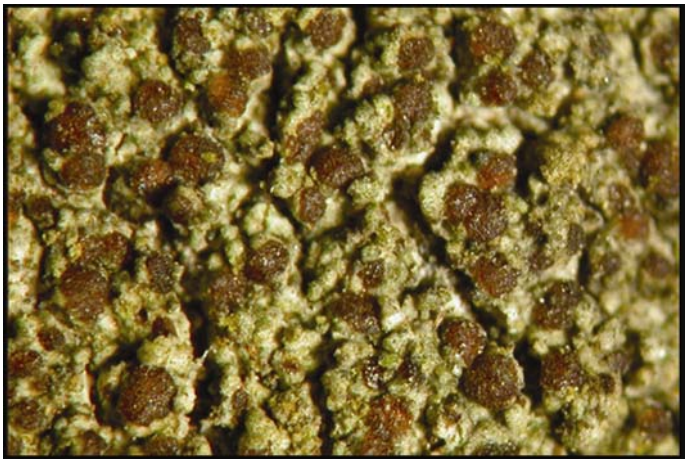
Bu deneysel çalışmada, likenlerin fraktal kurgusunun nesneleri betimlemede kullanım kolaylığı getirmesinin dışında likenlerin seçilmesinin bir diğer sebebi de, likenlerin (mantar ve alg) doğadaki en basit organizmalardan biri olarak, simbiyoz bir ortamda yaşıyor olmalarıdır. Daha açık bir anlatımla, doğal bir yaşam biçimi ile

yapay ortamda oluşturulmuş yaşam biçimleri arasında ortak bir dil bulunması etken olmuştur. Mimarlığı bu anlamda düşünürsek; yapı, çevre, insan ve doğa bir simbiyoz oluşturabilirler.

4. MİMARİ BÖLGEDE LİKENLERİN FRAKTAL KURGUSUNA DAYALI BİR TASARIM

4.1 Projede Kullanılan Liken: Strangospora Pinicola

2003 senesinde İTÜ Araştırma Fonu tarafından desteklenen bir çalışmada İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak Kampüsü'ndeki liken çeşitliliği araştırılmıştır. On dört cinse ait yirmi üç liken türü belirlenmiştir. Strangospora pinicola (A.Massal.) Körb. Türkiye liken florası için yeni kayıttır. Beş tür ise İstanbul ilinden ilk defa kaydedilmiştir(Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Strangospora Pinicola. (Çobanoğlu, 2005)

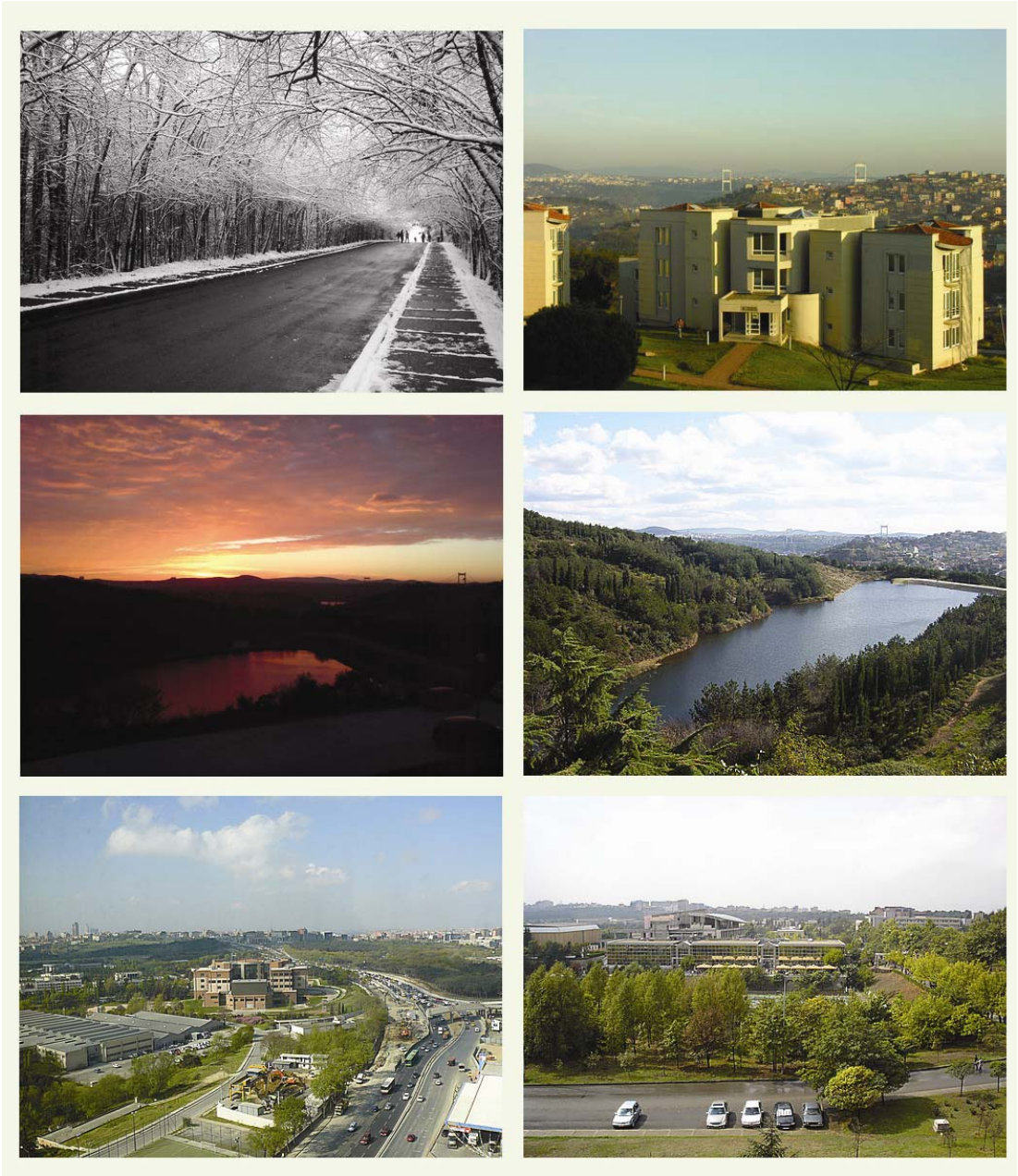
Strangospora Pinicola türü İTÜ Maslak Kampüsü'nde Bilim Vadisi denen bölgede, göletin yakınında bulunmuştur. Kabuksu liken türlerine örnektir ve epifitik özelliği gereği ağaç ve çalılar üzerinde gelişirler, bir nevi tutunarak yaşarlar. İTÜ de bulunan bu tür, iğne yapraklı Pinus Nigra (karaçam) gövdesi üzerinden toplanmıştır.

Deneysel çalışma için Türkiye'de ilk defa bulunan bu liken türü tercih edilmiştir ve tasarlanacak modelin uygulanacağı arazi için de likenin yaşadığı bölge olan İTÜ Maslak Kampüsü seçilmiştir.

4.2 Seçilen Bölgede Analiz



Şekil 4.2 : İTÜ Maslak Kampüsü.

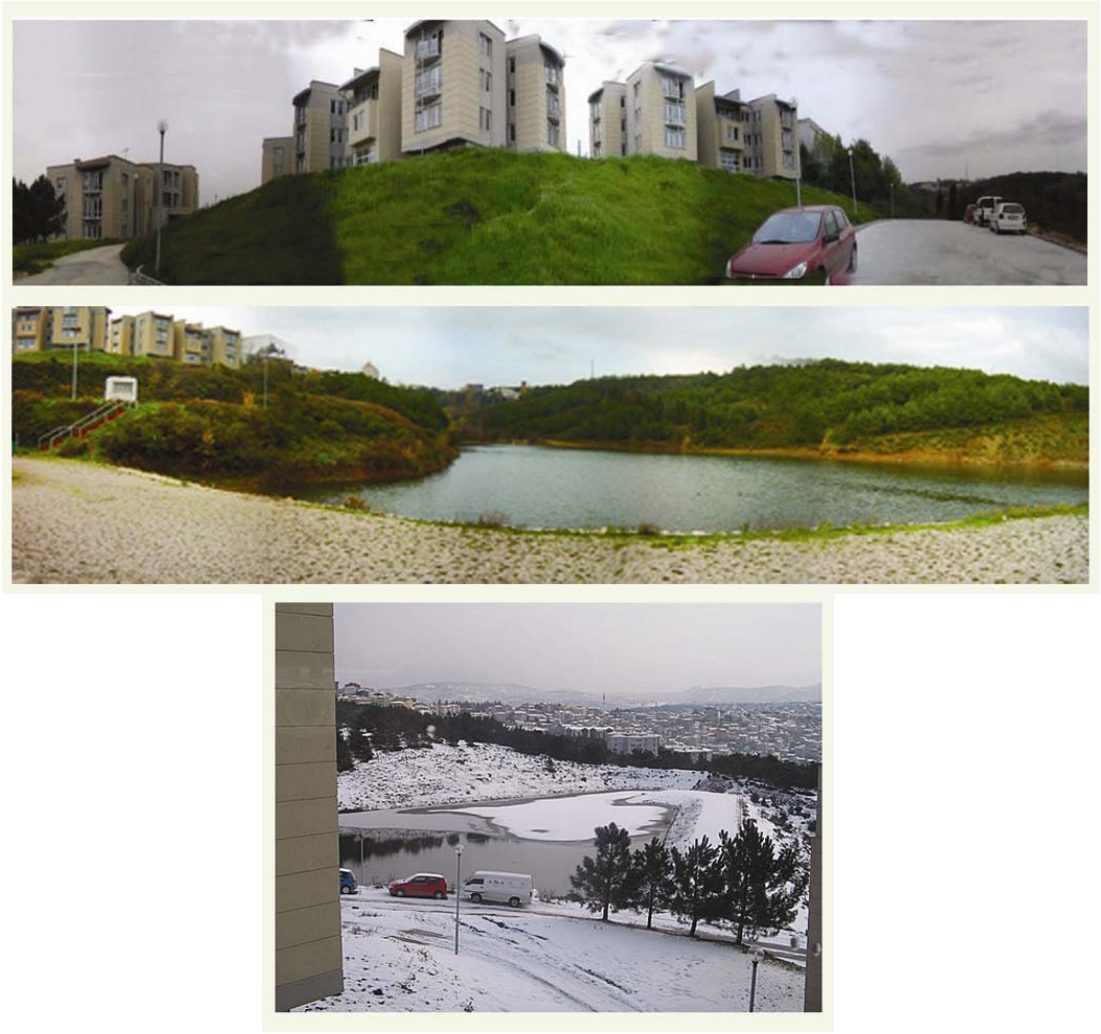


Şekil 4.3 : İTÜ Maslak Kampüsü ve çevresi.

İTÜ Maslak Kampüsü bir diğer adıyla Ayazağa Yerleşkesi İTÜ'nün ana yerleşim birimidir ve İstanbul'un finans ve iş merkezlerinden biri olan Maslak'ta konumlanmıştır. 1970lerden itibaren gelişmeye başlayan yerleşke 247 hektarlık bir alanı kaplar. Yerleşkenin güneydoğusunda bulunan göletin doğu bölümü, fraktal dizilimleri kullanılacak likenler burada yaşadığı için proje alanı olarak seçilmiştir.

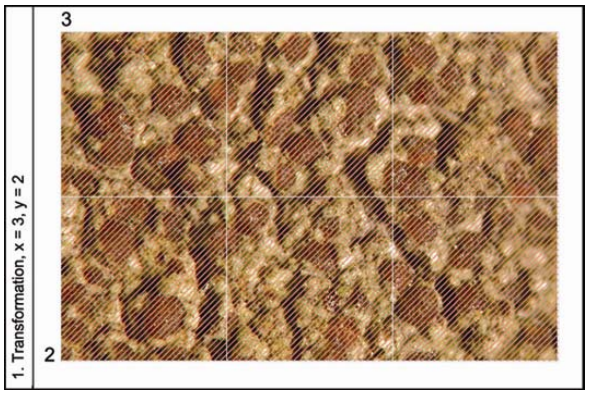
Bu bölgede topoğrafya çok degişkendir ve en yüksek-en düşük kotlar arası fark 45 metredir. İğne yapraklı ağaçlarla kaplıdır. Göletin batı kısmında, proje arazisinin

karşısında Gölet Öğrenci Yurtları konumlanmıştır. Proje kapsamında arazi ve çevresi ile ilgili çeşitli analizler yapılmış, veriler toplanmıştır(Şekil 4.4).

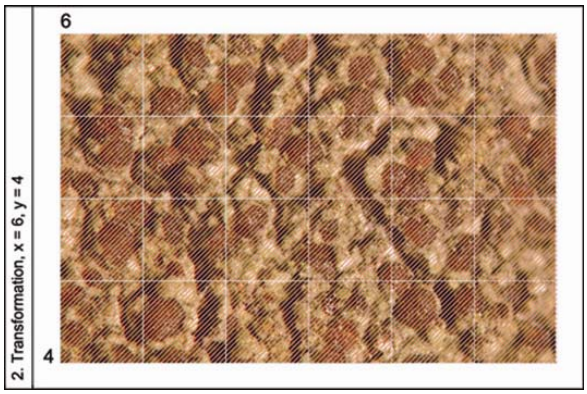


Şekil 4.4 : İTÜ Maslak Kampüsü, Gölet ve Çevresi

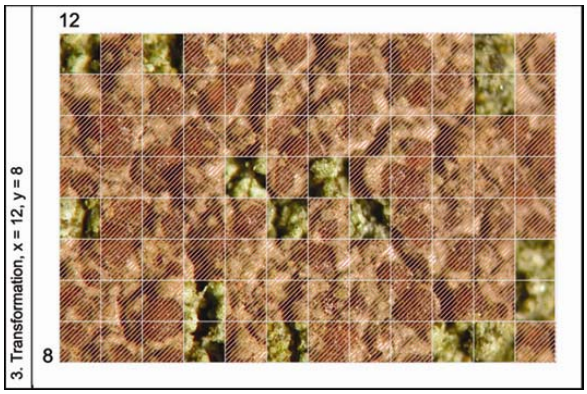
4.3 Kutu Sayım Yöntemi ile Hesaplama



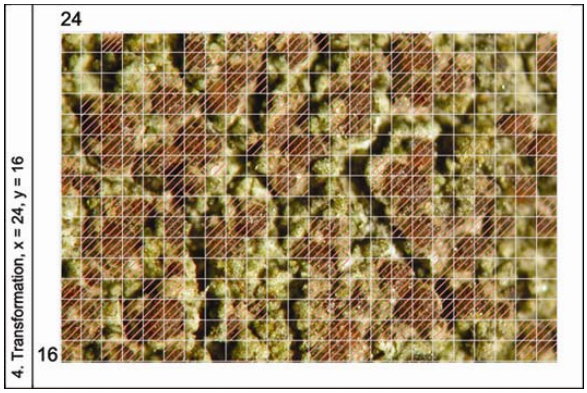
Şekil 4.5 : x = 3, y = 2 Çevrimi.



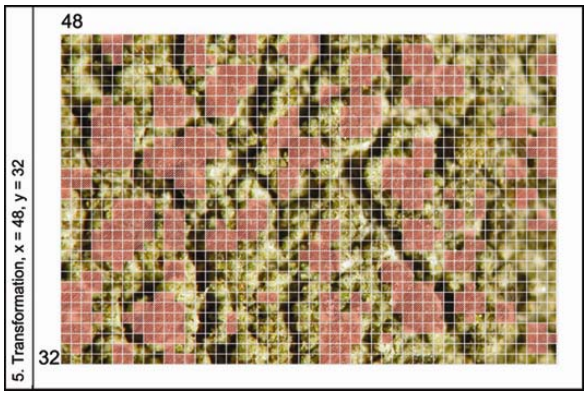
Şekil 4.6 : x = 6, y = 4 Çevrimi.



Şekil 4.7 : x = 12, y = 8 Çevrimi.



Şekil 4.8 : x = 24, y = 16 Çevrimi.



Şekil 4.9 : x = 48, y =32 Çevrimi

	Toplam kutu	Boş kutu	Dolu kutu
1. Çevrim	6	0	6
2. Çevrim	24	0	24
3. Çevrim	96	16	80
4. Çevrim	384	185	199
5. Çevrim	1536	1049	487
6. Çevrim	6144	4367	1777

$$D = \frac{[\log (24)-\log (6)]}{[\log (6)-\log (3)]} = \frac{1.38 - 0.78}{0.78 - 0.47} = 1.93$$

$$D = \frac{[\log (80)-\log (24)]}{[\log (12)-\log (6)]} = \frac{1.90 - 1.38}{1.07 - 0.78} = 1.79$$

$$D = \frac{[\log (199)-\log (80)]}{[\log (24)-\log (12)]} = \frac{2.29 - 1.90}{1.38 - 1.07} = 1.25$$

$$D = \frac{[\log (487)-\log (199)]}{[\log (48)-\log (24)]} = \frac{2.68 - 2.29}{1.68 - 1.38} = 1.30$$

$$D = \frac{[\log (1777)-\log (487)]}{[\log (96)-\log (48)]} = \frac{3.24 - 2.68}{1.98 - 1.68} = 1.86$$

Şekil 4.10 : Çevrimlerin sonucunda fraktal değer.

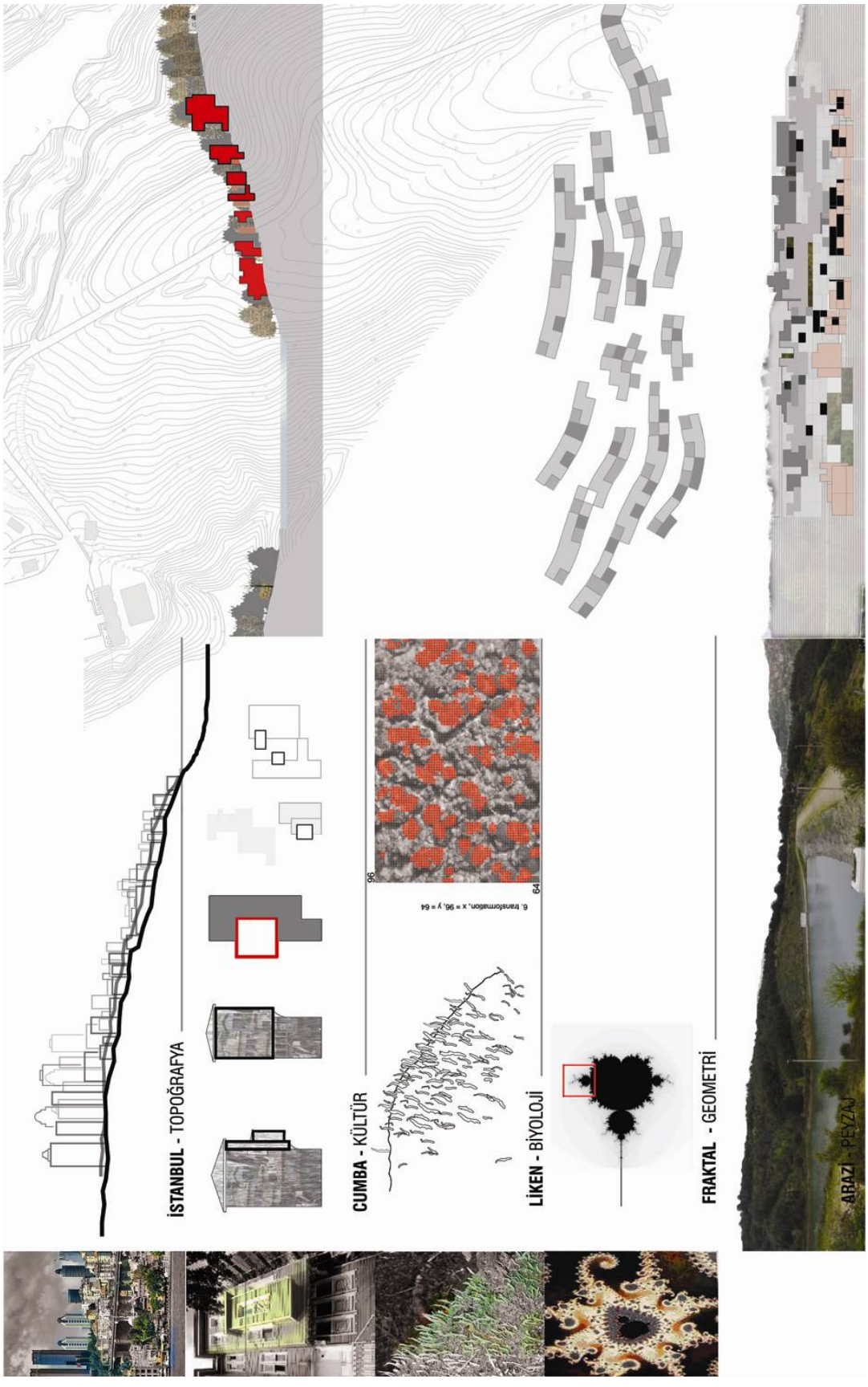
Projede kutu sayım yöntemi ile yapay fraktaller ve üretken tasarıma yönelik bir dizilim geliştirilmiştir. Hesaplamada kullanılan oran 3/2 dir. Geliştirilen dizilimdeki bu oran, proje alanında ağaç gövdesine tutunarak yaşayan likenin, farklı bölgelerden alınan kesitleri içinde en uygun oran olarak tespit edilmiştir.

x=3 ve y=2 den başlanarak 3/2 oranı korunarak çevrimler yapılmıştır. Kutu sayım yöntemi ile yapılan çevrimler sonucu fraktal değer 1,86 hesaplanmıştır ve bu değer likenin fraktal özelliğinin yüksek derecede olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Projede, likenlerin fraktal dizilimleri yanısıra, coğrafi özellikler ve kültürel yaklaşımlar da bu üretken çözümlemede kullanılmıştır. Likenlerin doğadaki dizilimleri plan modüllerinin oluşmasında temel esas olarak alınmıştır. Farklı kat planlarının türetilmesi için kutu sayım yönteminden elde edilen oranlar baz alınmış, bunun yanı sıra topoğrafyaki eğimler kullanılmıştır. Bilindiği gibi yapay fraktal oluşturma yöntemlerinden biri de topoğrafya izlerini kullanmaktır.

Araziye yerleşmede, bulunulan coğrafyanın -İstanbul'un denizden yükselen yapılaşması-, bu projede de tekrarlanmıştır. Proje konsepti belirlenirken bütün bu veriler, kendine benzerlik ve bütünün en küçük detayın özelliğini taşıması göz önünde tutularak projede kullanılmıştır.

4.4 Proje Konseptinin Oluşturulması



Şekil 4.11 : Proje Konsepti

Üretken modelin oluşturulmasına öncelikle likenlerin fraktal diziliminden elde edilen modüllerin türetilmesiyle başlanmıştır. Bir modül boyutu 3x4 olacak şekilde 413 modül oluşturulmuştur. Zemin katta kullanılan oran n/0, ilk çevrim sonucu dolu boş oranıdır. Devamında 1. katta kullanılan 2.çevrim oranı 3/2, 2. katta ise son çevrim oranı 4/2 olarak planlara yansımıştır. Bir öğrenci yurt kompleksi olarak tanımlanan tasarımda elde edilen oranlar; öğrenci evleri, oditoryum, kütüphane, sosyal tesisler ve spor salonunun şekillenmesinde etkin rol oynamıştır.

Oluşturulan modüller topoğrafyanın şekillendirdiği biçimde yerleştirilmiştir. Yine likenlerin yaşadıkları yüzey üzerinde birbirleriyle aralarında var olan mesafeler de, oran olarak modüller arasında kullanılmıştır. Ana yollar ve yaya yolları bu oranlarla oluşturulmuştur. Kesitlerde; likenlerin kutu sayım yönteminde ortaya çıkan şekilleri, modüllerle oluşturulan katmanların nasıl bir araya geleceği konusunda yardımcı olmuştur.

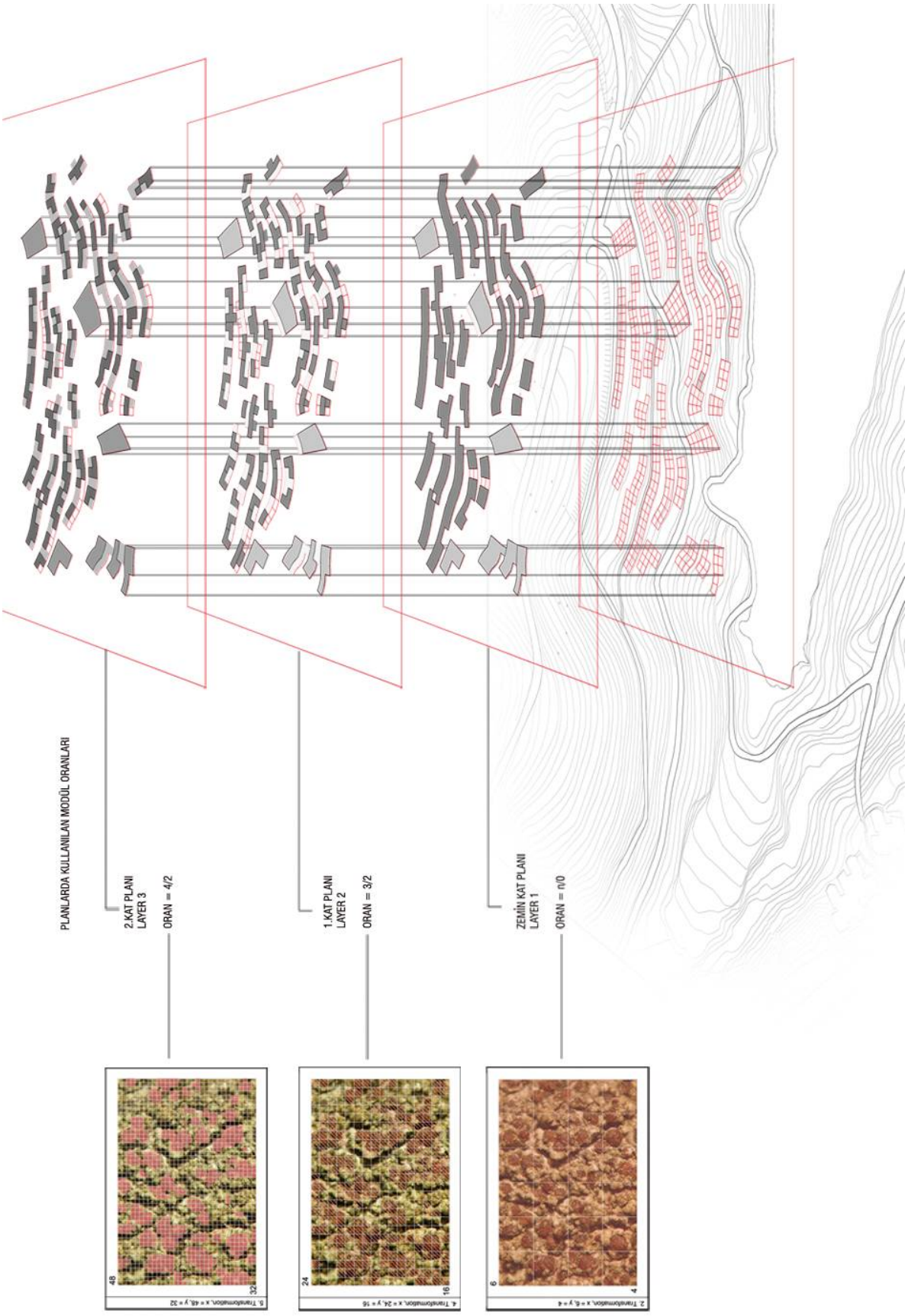
Bu üretken mimari yaklaşım bir yurt kompleksine hizmet edeceği için, tüm bu modüller, oranlar, katmanların biraraya gelişi belirli çerçevede ihtiyaçları karşılayacak şekilde düşünülmüştür.

Kompleks içinde yurt binaları, oditoryum, kütüphane, spor merkezi, yemekhane ve sosyal mekanlar ile otopark bulunmaktadır. Belirli noktalarda halka açık ortak yaşam alanları oluşturulmuş, yarı-özel ve özel mekanlar projede belirtilmiştir. Bütün mekanların manzaradan olabildiği ölçüde yararlanılmasına çalışılmıştır.

Ulaşılan bu veriler dışında, cephelerde de renkli panellerin kullanılması düşünülmüştür. Bunun bir sebebi de likenlerin doğadaki en renkli organizmalardan olmalarıdır.

Yapılan çevrimlerdeki dolu boş oranları, tasarlanacak projede kat planlarındaki oranlarda kullanılmıştır.

Bu tasarımda, elde edilen oranlar ile aynı modülün çoğaltılarak yeni dizilimler oluşturulması, belirli sayıda yapılan çevrim ile üretken algoritmalarla çözümlemeye bir örnek teşkil edebilir. Likenin kendi içindeki kurgusu, yapılan çevrimler sonucu yapay bir forma, üretken tasarıma dönüştürülmüştür.



Şekil 4.12 : Modül Oranları

4.5 Üretken Model



Şekil 4.13 : Vaziyet Planı

Tasarlanan üretken yapıda kutu sayım yöntemi ile elde edilen dizilimde bazı özellikler kısıtlayıcı rol oynamıştır. Bu kısıtlamalara üretken modelin belirli bir

bölgede tasarlanacak bir mimari projeye dönüştürülebilmesi için destekleyici kısıtlamalar diyebiliriz.

Yaşadığımız Türkiye ve İstanbul coğrafyasının, organizmanın yaşadığı topoğrafyanın, kültürel ortamın ve projelendirilecek alanın çevresinin etkileri belirtilen kısıtlamalardır.

Arazinin eğimi, İstanbul'da denizden yükselen bir topoğrafyada yapılaşma ile ele alınarak değerlendirilmiştir. Her ne kadar kültürel özellikler gözardı edilse de, elde edilen dizilim sonucunda ortaya çıkan bazı özelliklere kültürel özellikler ile gönderme yapılmıştır. Çıkmalar (cumba), dar yollar ve sokaklar, çıkmaz sokaklar, bitişik nizam yapılar vb… bahsedilen göndermelere örnek olarak verilebilir. Arazi yakın çevresinde varolan yerleşkede öğrenci yurtları ve öğretim elemanları lojmanları ile de bir uyum ve dil birliği sağlama amacı ile az katlı bir tasarıma gidilmiştir.



Şekil 4.14 : Analizler

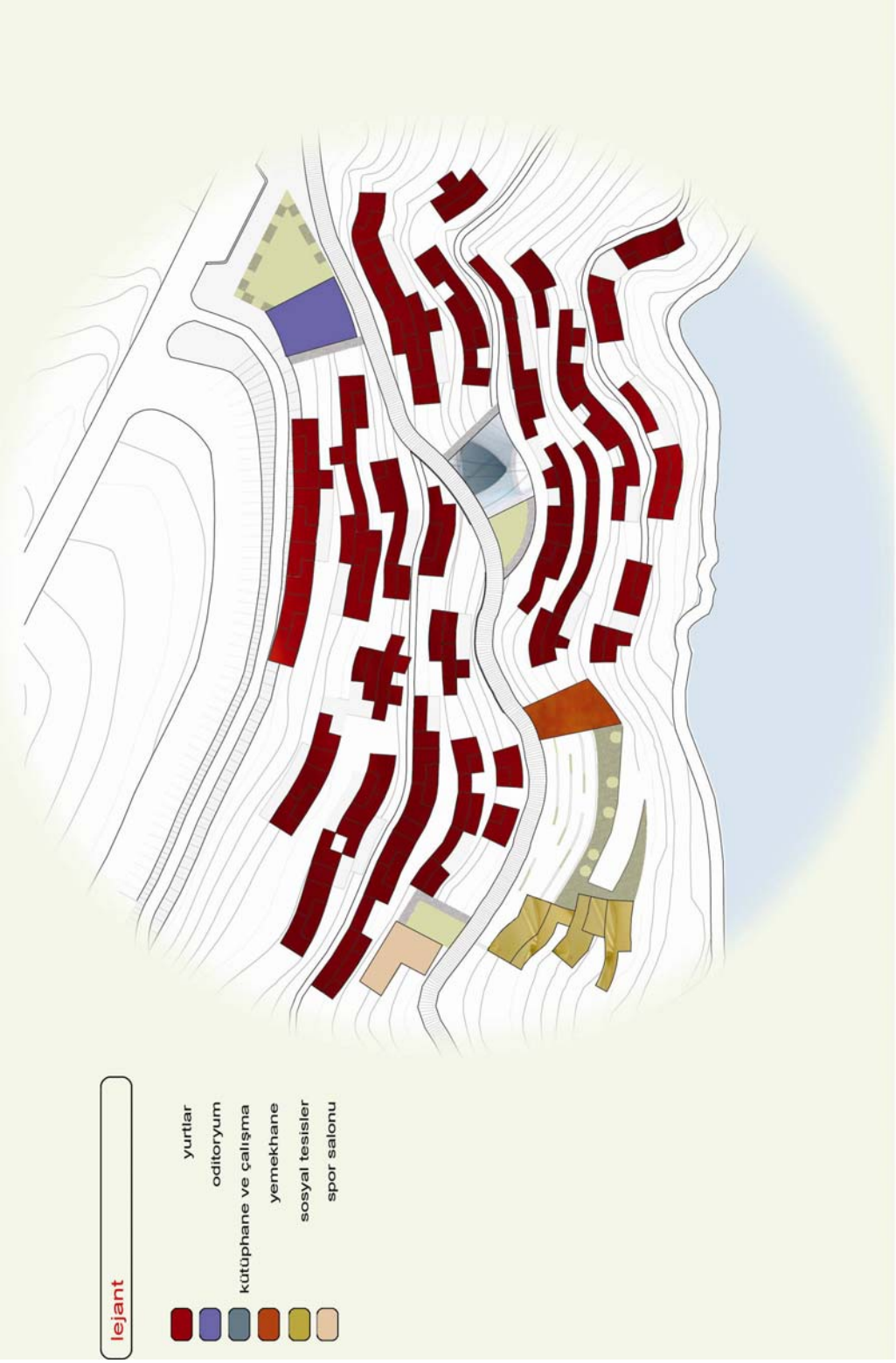
Proje kapsamında yapılan analizler ile kullanıcılara (yurtlarda kalan ve yerleşkede eğitim gören öğrenciler için), mekanları kullanım kolaylığı sağlanmak istenmiştir. Fraktal kurguya dayalı bir tasarım olması yanısıra yapılan analizlerle bir mimari tasarım projesinde olması gereken ihtiyaçların karşılanması amaçlanmıştır. Arazide topoğrafya analizi yapılarak varolan eğim tespit edilmiştir, doğal topoğrafya mümkün olduğunca korunmuştur. Dolu-boş analizi ile yerleşke içindeki yapılaşmada üretken mimarinin yeri ve yakın ölçekte çevredeki strüktür gösterilmiştir(Şekil 4.14).



Şekil 4.15 : Analizler

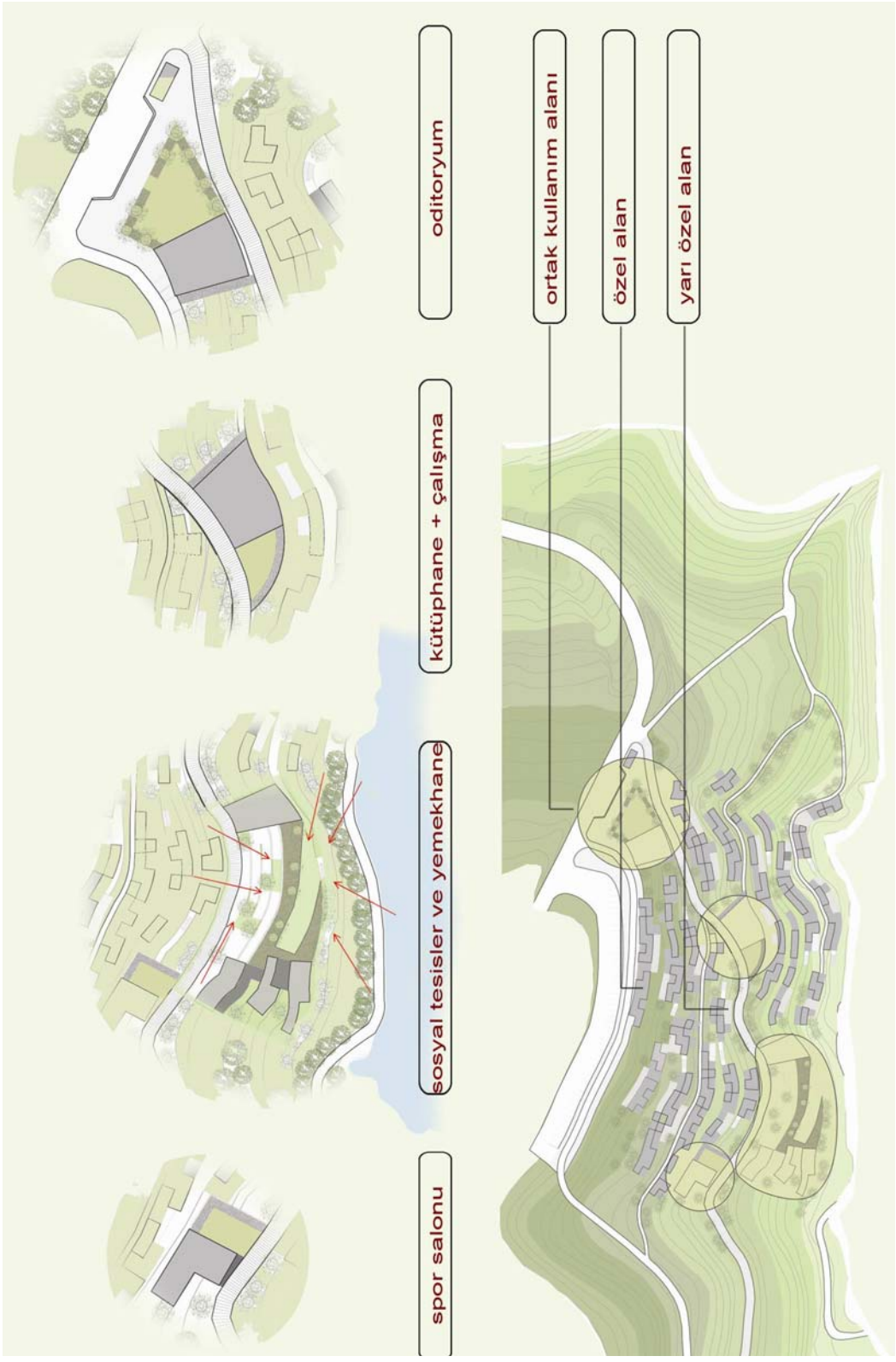
Yerleşkede varolan yolların yeni tasarlanan proje alanıyla bağlantı noktaları, yaya yolları ve ana akslar tasarıma eklenmiş ancak bu yapılırken fraktal dizilim ve likenlerin doğada yayılış biçimleri korunmuştur. Mümkün olduğunca arazi ve çevreye uyumlu olacak şekilde organik çözüm yolları aranmıştır. Proje alanına en

yakın alanda mevcut bulunan diğer yurtlarla ve mevcut ana yollarla bağlantılar kullanım alanlarını işlevselleştirmeye yöneliktir(Şekil 4.15).

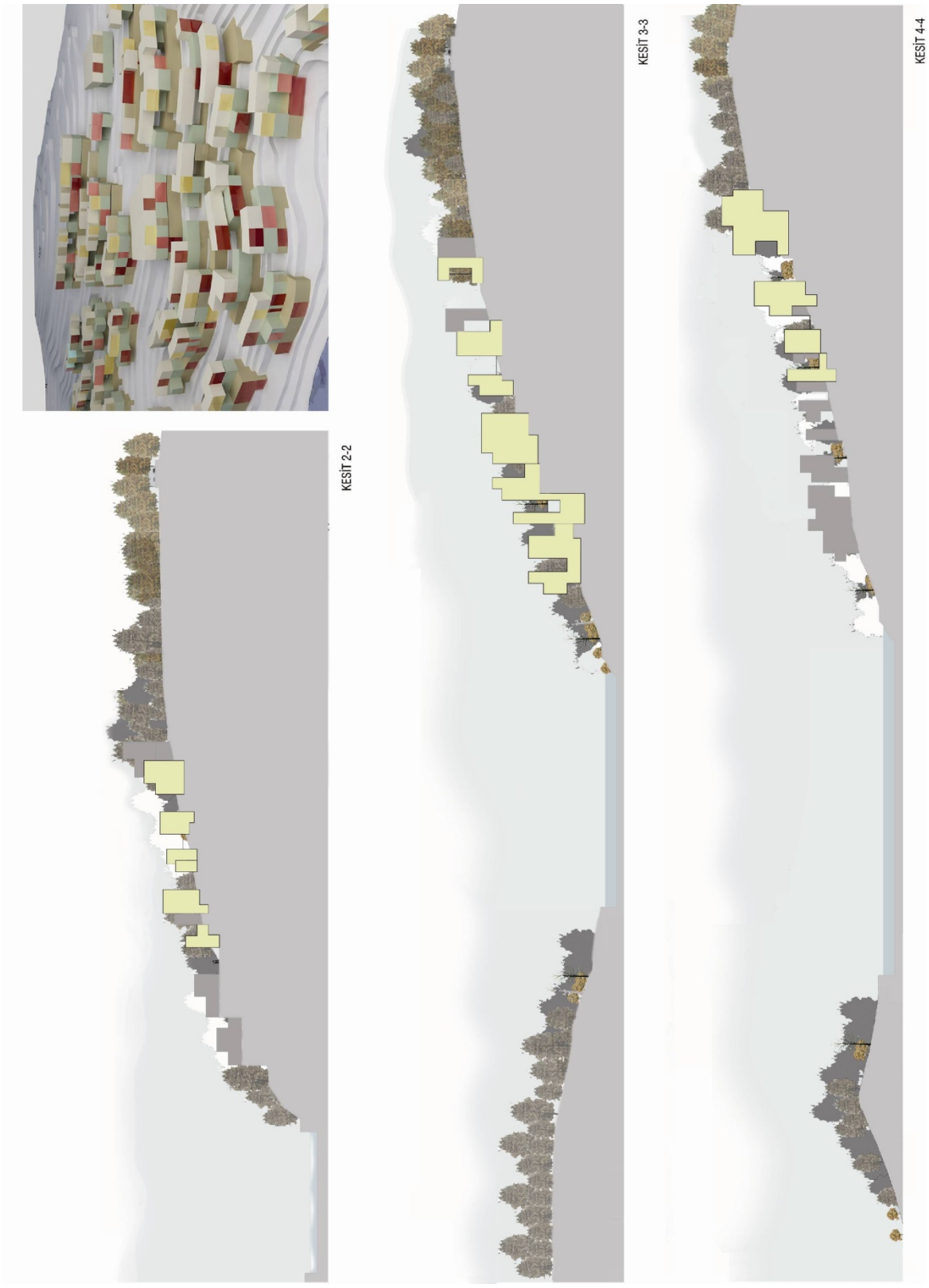


Şekil 4.16 : Fonksiyon Analizi

Projede biçim gramerinin özel bir uygulama alanı ve alt kümesi olan fraktal yaklaşım ile algoritmalar oluşturulmuştur. Bunun sonucunda ortaya çıkan dizilime getirilen kısıtlamalar ve diğer etkenlerle yeni bir biçim grameri oluşturulması sağlanmıştır.



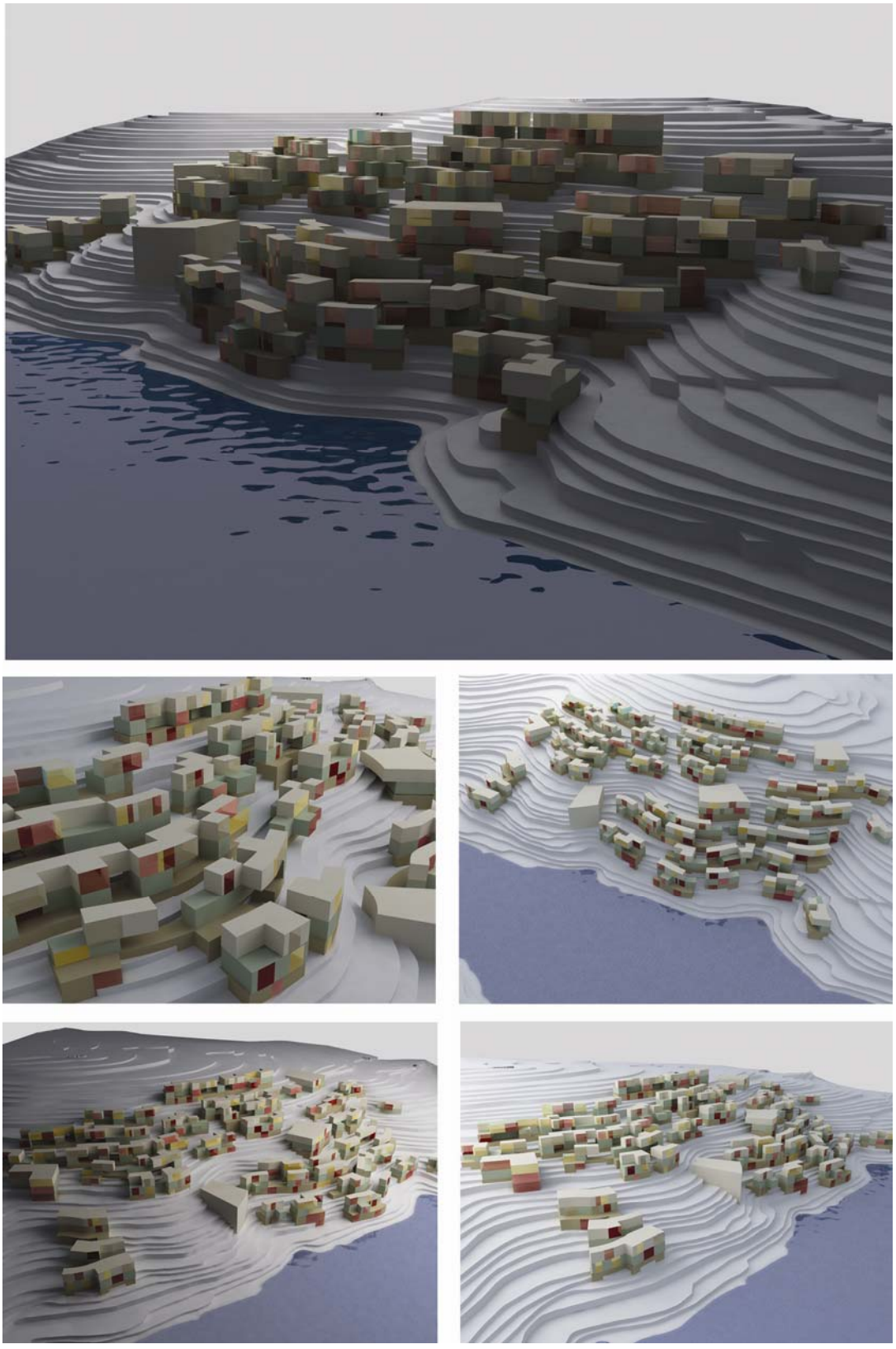
Şekil 4.17 : Fonksiyon Analizi



Şekil 4.18 : Kesitler

Aynı modülden birbirini tekrar eden modüller dizisi oluşturulmuş, tekrarlanarak üretilen bu modüller başlangıç noktasındaki modül oranlarından farklılaşarak yeni

modüllere dönüşmüştür ve yeni bir biçim grameri orata çıkmıştır. Fakat bütüne bakıldığında yeni oluşturulan bu dizilim başta kullanılan modüller ile yine aynı oranları taşımakta fakat farklı bir fraktal değere sahip olmaktadır.



Şekil 4.19 : Modeller

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz mimarlık anlayışı geçmiştekinden farklı konseptler ve yöntemlerle gelişmektedir. Tarihsel süreç boyunca görüldüğü gibi, mimarlık çoğu zaman doğayı taklit etme eğiliminde olmuştur. Tez kapsamında da belirtildiği gibi fraktal kurgulara geçmişteki tasarımlarda da sıkça rastlanmaktadır ancak o zamanki teknoloji ile bunların ne kadar bilinçli kullanıldığı bilinmemektedir. Günümüzde kaos teorisi ve kaosun geometrisi olarak adlandırılan fraktal geometri ile fraktal kurgular bilinçli bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır ve mimariye farklı yaklaşımlar getirmektedirler.

Bu çalışmada, üretken sistemler aracılığı ile bir yörede yaşayan organizmaların fraktal kurgusunda var olan ilkelerin kullanılmasıyla; ön tasarım aşamasında üretken bir tasarım önerilmiştir. Bu yaklaşım ile seçilen likenlenin fraktal boyutları, doğada yaşayış biçimleri ve çevresel faktörlerin etkileri göz önüne alınarak oluşturulan dizilim; dokunun sürekliliğini sağlayabilecek üretken tasarımlar geliştirilmesinde yol gösterici olabilir.

Tez kapsamında, Euclidian geometrinin ortaya çıkışı, mimarlık ve geometri ilişkisinde oran, orantı kavramları açıklanmış; mimari tasarımda kendine benzeme (self similarity) kuramları ve yaklaşımları geometri açısından irdelenmiştir.

Mimarlık ve geometri arasındaki etkileşim; kendine benzerlik ve fraktal geometri tabanında ortaya konulmuş, mimari tasarımda bilgisayar ortamında geliştirilen üretken algoritmalar ve bu biçimlemeyle oluşturulan yapılar incelenmiştir.

Fraktallerin geçmişten günümüze tasarımdaki yeri, farklı kullanım şekilleri ve mimari formlarda kullanabilecek şekilde çevrimleri saptanmış; günümüzde karşılıkları bulan yapılar örneklenerek yorumlanmıştır.

Fraktal dönüşüm kavramları, Tekrarlamalı Fonsiyon Sistemleri (Iterated Function Systems) açıklanmış ve hesaplama yöntemleri olan Curdling ve Kutu Sayım yöntemlerinin mimaride nasıl tasarıma yardımcı bir araç olarak kullanıldığı belirtilmiştir.

Tez kapsamında açıklanan biyoloji ve fraktaller çerçevesinde, doğada yaşayan en basit organizmalardan biri olan likenler incelenmiştir. Likenlerin çok farklı bilim dallarında birbirinden farklı biçimlerde kullanım alanı bulması ve fraktal araştırmalarında da yoğun olarak kullanılması, seçimin bu yönde yapılmasına sebep olmuştur. Ayrıca likenler ile mimari arasında bir köprü oluşturan simbiyoz yaşam kavramsal açıdan, bu çalışmada likenlerin seçilmesini desteklemiştir. Türkiye'de yaşayan likenler arasından seçilen Strangospora Pinicola likeninin kutu sayım yöntemi ile edilen değerleri; kültürel, çevresel ve topoğrafik özellikler ile geliştirilip üretken algoritmaların bir tasarıma dönüştürülmesinde veri olarak kullanılmıştır.

5.1 Üretken Modelin Değerlendirilmesi

Strangospora Pinicola likeninin fraktallarıyla geliştirilen model, bu liken türünün yaşadığı bölge olan İTÜ Maslak Kampüsü'ne uygulanmıştır. Bu modelle bir bölgede yaşayan organizmadan gelen verilerle yine o bölgede bir tasarım yapılmış ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- Strangospora Pinicola likeni fraktal değer açısından incelenmiş ve fraktal değeri 1,86 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç, seçilen liken türünün fraktal kurguya uygunluğunu gösterir niteliktedir.
- Proje çerçevesinde üretken tasarım için seçilen yurt kompleksine başlanırken, yapay fraktal üretme yollarından biri olan topoğrafya da likenlerin fraktal dizilimi sonucu elde edilen verilere eklenmiştir. Geleneksel Türk Mimarisi'nde konut tipolojisinin önemli ve yaygın bir öğesi olan cumbalara da proje kapsamında gönderme yapılmıştır.
- Yapılan çalışmayı ve sonuçları literatürdeki çalışmalarla karşılaştırdığımızda tezin farklılıkları, aynı başlangıç noktasından çıkılarak ulaşılan farklı çözümler görülebilir. İ.T.Ü.'den Gaye Gözübüyük'ün yüksek lisans ve Özgür Ediz'in doktora tezlerinde ürettikleri modellerde, mevcut bir mimari doku üzerinden gidilerek ulaşılan fraktal boyutlar yine mevcut bir mimari dokuda yeni bina formlarının oluşturulması için geliştirilen bilgisayar modelinde veri olarak kullanılmıştır. Yurt dışında çeşitli üniversitelerde yapılan çalışmalardan Brett Desbenoit, Eric Galin and Samir Akkouche Fransa'da yaptıkları tez çalışmasında, bir likenin büyüme grafikleri ve fraktal

boyutlarıyla ilgili çevrimler yapılmış, algoritmalar oluşturulmuştur. Ancak sonuçta ulaşılan veriler herhangi bir model üretiminde kullanılmamıştır. M.I.T.'den Robert Walker Sumner'ın yaptığı çalışmada, bir likenin örüntüsünden elde edilen algoritmalar ile oluşturulan yeni form bir endüstriyel ürüne dönüştürülmüştür.

- Literatürdeki tez araştırmalarıyla karşılaştırıldığında, bu çalışmayı diğerlerinden ayıran en önemli nokta; doğada varolan bir organizmanın fraktal boyutlarıyla elde edilen verilerin yine doğada yeni bir mimari doku oluşturulmasında kullanılmış olmasıdır.
- Geleceğe dönük çalışmalar açısından böyle bir çalışma yapılmış olması, bir sonraki aşamalar için bir başlangıç sayılabilir. Bu çalışma ve diğer çalışmaların birleşim noktaları üzerinden gidilerek, doğada var olan organizmaların fraktal boyutlarıyla, yeni üretken tasarımlar oluşturulabilir, mevcut dokulara uygulanabilir, biçim gramerleri geliştirilebilir.
- Tez incelendiğinde, önerilen yöntemlerle geliştirilen üretken sistemin ve oluşturulan yeni dokunun, deneysel bir proje olmaktan çıkıp uygulanabilir bir mimari tasarıma dönüştüğü değerlendirmesi yapılmıştır.

.

KAYNAKLAR

Abel, C., 1988. AnalogicalModels in Architecture and Urban Design, METU JFA, 8:2, 161-188.

Ahmadjian V. ., 1982. Algal/Fungal Symbiosis, Progress in Phycological Research Elsevier Biomedical Press B.V. Vol.1

Alberti, L.B., 1988. On The Art of Building in Ten Books, çeviri, Joseph Rykwert, Neil Leach, ve Robert Tavernor, Cambridge, Mass. MIT Press.

Alexander, C., 1966. A City Is not A Tree, Design, No: **206**, 46-55.

Alexander, C., 1977. A Pattern Language, Oxford University Press, Londra.

Alexander, C., 2001. Kişisel görüşme, Re- Integrated Theory and Design in Architectural Education, Ankara.

Alpay, Ş., 2001. Güzelliğin Matematiği ya da Altın Oran, Bilim ve Ütopya, Nisan, 66-70.

Antonio, J., Esquiroz, R., 2003. "52 Highway", l'ARCA, No: **353,** 28-35.

Bell, B., 1992, Modelling Improvisational and Compositional Processes, Language of Design 1, 11-26, Elsevier

Bergil, M.S., 1988. Doğada/Bilimde/Sanatta/Altın Oran, Met/Er Matbaası, İstanbul.

Bovill, C., Fractal Geometry In Architecture, http://homepages.uel.ac.uk/1953r/

Bovill, C., 1996. Fractal Geometry In Architecture and Design, Birkhauser, Boston.

Celani, G., 2001. Color Grammars: One Design Methodology for a Housing Program, web.mit.edu/ ~celani/color_grammar/index.html

Cevizci, A., 1996. Felsefe Sözlüğü, **181** , Ekin Yayınları, Ankara.

Ching, F.D.K. 1979. Architecture: Form, Space and Order, Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Chomsky, N., 1965. Aspects of The Theory of Syntax, MIT Press, Cambridge.

Cross, A., 1986. Design Intelligence: The User of Codes and Language Systems In Design, Design Studies, 7, No: **1**.

Curtis, J. R., 1999. Modern Architecture Since 1900, Phadon Press Limited, London.

Çağdaş, G., 1994. Fraktal Geometri ve Bilgisayar Destekli Mimari Tasarımındaki Rolü, CAD+ Bilgisayar Destekli Tasarım ve Ötesi, **23**, 28-31.

Çağdaş, G., 1996. A Shape Grammar: The Language of Traditional Turkish House, Environment and Planning B: Planning and Design, **23**, 443-464.

Çobanoğlu, G., 2003. Liken Biyolojisi, Derleme Ders Notları, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Durmisevic, S. and O. Ciftcioglu. 1998. Fractals in architectural design. In Mathematics and Design. Jaiver Barollo the universityof the Basque Country.

Ediz, Ö., 2003. Mimari Tasarımda Fraktal Kurguya Dayalı Üretken Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimari Tasarım Programı, İ.T.Ü (Tez Danışmanı G. Çağdaş).

Eglash, R., 1999. African Fractals, Modern Computing and Indigenous Design, Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey.

Gausa, M., Gaullart, V., Muller, W., Soriano, F., Porras, F., Morales, J., 2000. The Metapolis Dictionary Of Advanced Architecture, Actar.

Gelb, M. J., 2000. " How to Think Like Leonardo da Vinci ", Dell Publishing, New York.

Gips, J., Stiny, G., 1980. Production Systems and Grammars: A uniform Characterization, Environment ana Planning B, **7**, 399-408.

Glick, J., 1987. Chaos, Viking Penguin, New York.

Hasol, D., 1995. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı – Endüstri Merkezi Yayınları, 305 – 328, İstanbul.

Hersey, G., 1993. Monumental Impulse, Architectural Biological Roots, MIT Press, Massachusetts, London, England.

Hillier, B., 1996. Space is the machine, Cambridge University Press, Cambridge.

Ibrahim, M., and Krawczyk, R. J., 2000. Generating Fractals Based on Spatial Organizations, Illinois Institute of Technology College of Architecture, Chicago, IL USA.

Jackson, W., 1911. Other Shore Fractals: Hindu Transcendence symbols and the modeling of wholeness.

Jencks, C., 2002. The Architretcture of Jumping Universe, discussion with Cathcart, M., Architecture profile: Charles Jencks, Arts Today,

Jencks, C., Keswick, M., 1988. Architecture Today, Academy Editions, London.

Kepes, G., 1948. Module, proportion, Symmetry, Rhythm, Publisher George Brazillier.

Khanna, M., 1997. The Tantric Symbol of Cosmic Unity, 143-148, Thames and Hudson, London.

Krier, R., 1988. Architectural Composition, Rizzoli, New York.

Mandelbrot, B. B., 1982. The Fractal Geometry of Nature, W.H. Freeman And Company, New York.

Marks, L. E., 1978, The Unity of the Senses, Academic Press, 3-4. New York.

Mitchell, W. J., 1990. The Logic of Architecture, **2**, The MIT Press, London.

Nash III, T. H., 1996. Lichen Biology, Cambridge University Press.

Oğuz, Ş., 1999.Pythagoras'ın ve Platon'un Rönesans Mimarlık Düşüncesi'ne Etkileri; Mimaride İdealist Estetik, Yapı Dergisi, 66-72.

Oğuz, Ş., 2002. Rönesanstan 20. Yüzyıla İki Temel Paradigma Bağlamında Mimarlık- Felsefe İlişkisi, Mimarlık ve Felsefe Sempozyumu, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 73-75.

Ostwald, M. J., 2001. Fractal Architecture, Late Twentieth Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry, Nexus Network Journal, **3**, **no. 1**.

Peitken, H. O., Jurgens, H., Saupe, D., 1992. Chaos and Fractals New Frontiers of Science, Springer- Verlag, New York.

Perez – Gomez, A. ve Pelletier, L., 1997. Architectural Representation and the Perspective Hinge, The MIT Press, **26**, Cambridge.

Pickover, C., 1996. Fractal Horizons. St. Martin's Press, New York.

Rusell, J., 1981. The Meanings of Modern Art, Harper, **102**, New York.

Salingaros., A. N., 2002. Fractals in the New Architecture,

Schmitt, G., 1988. Microcomputer Aided Design for Architects and Designers, A. Interscience Publication. USA.

Schmitt, G., Chen, C.C., 1991. Classes of Design- Classes of Methods- Classes of Tools, Design Studies, **12**, **No: 4**, 246-251.

Steadman, P., 1983. Architectural Morphology, Pion Ltd., London.

Stiny, G., 1980. Introduction to Shape Grammars, Environment and Planning B, **7**, **5**, 343-351.

Stiny, G., Mitchell, W. J., 1978 Counting Palladian Plans, Environment and Planning B, cilt, **5**, sf: 189- 198.

Tomassini, C. M., 2008. Organic Essentialism, Domus, **No:910**, 100-105.

Tunçer, B., Özsarıyıldız, Ş. S., Sarıyıldız, S., 2003. E-Activities in Building Design and Construction, Europia, Paris.

Vitruvius, P. M., 1990. Mimarlık Üzerine On Kitap, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, İstanbul.

Zellner, Peter., 1999. Hybrid Space, New Forms in Digital Architecture, Thames and Hudson, London.

Url1<*http://gol*dennumber.net/geometry.htm>, alındığı tarih 14.01.2008

Url2<*http://www.msc.surrey.ac.uk/Personal/R.Knott/Fibonacci/fibnat.html***>,** alındığı tarih 20.04.2008.

Url-3<*http://www.museumlab.org/2008/05/14/387***>,** alındığı tarih 29.11.2008.

Url4<*http://classes.yale.edu/Fractals/Panorama/Architecture/AfricanArch/BaIla.html***>,** alındığı tarih 21.07.2008.

Url5<*http://classes.yale.edu/Fractals/Panorama/Architecture/EuropeCath/EuropeCath.html***>,** alındığı tarih 21.07.2008.

Url6<*http://classes.yale.edu/Fractals/Panorama/Architecture/Eiffel/Eiffel.html***>,** alındığı tarih 12.05.2008.

Url7<*http://classes.yale.edu/Fractals/Panorama/Architecture/IndianArch/IndianArch.html***>,** alındığı tarih 17.06.2008.

Url8<*http://www.iemar.tuwien.ac.at/fractal_architecture/subpages/55Characteristics.html*>, alındığı tarih 16.10.2008

Url9<*http://www.greatbuildings.com/buildings/Habitat_67.html*>, alındığı tarih 18.07.2008.

Url10<*http://www.greatbuildings.com/buildings/L_Institut_du_Monde_Arabe.html*> , alındığı tarih 20.10.2008.

Url11<*http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/glk?http://www.tschumi.com/*>,

alındığı tarih 15.08.2008.

Url12<*http://www.arcspace.com/architects/zvi_hecker/heinz_galinski/*>, alındığı tarih 24.05.2008.

Url13<*http://universe-review.ca/R10-35-metabolic.htm*>, alındığı tarih 16.07.2008.

Url14<*http://www.ucmp.berkeley.edu/fungi/lichens/lichenmm.html*>, alındığı tarih 04.11.2008.

Url15<*http://entomology.uark.edu/museum/museum.html*>, alındığı tarih 05.05.2008.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: F. Betül Değirmenci

Doğum Yeri ve Tarihi: 28/03/1982 - Bursa

Adres: Beşiktaş, İstanbul

Lisans Üniversite: Yıldız Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

▪ **Değirmenci, Betül**, La Geometria Frattale e l'Architettura, Politecnico di Milano, 2008 Milano, İtalya.