Matematik ve Sanat*

Bu çalışmanın ilk hali 23.11.2022 tarihinde Afyonkarahisar'da düzenlenen xı. Seramik Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

Gönderim Tarihi: 27.02.2023 – **Kabul Tarihi:** 17.05.2023

Semiha Atabey
Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Seramik Anasanat Dalı
semihatabey9@gmail.com, **ORCID:** 0000-0003-3956-2433

Özet

Matematik, evrenin temel bir bilimidir ve sanat gibi doğayı inceler. Matematik, doğadaki olayları, doğadaki organik ya da inorganik yapılardaki düzen ve dizilimleri inceleyerek teoriler oluşturur. Matematik düşünsel bir süreç olarak, bilgiyi esas alır ve soyut özelliğe sahiptir. Matematikteki soyut olma özelliği sanatı da etkilemiş ve sanatın da soyuta doğru yönelmesinde etkili olmuştur. Yakın tarihte sanat doğayı taklit etmekten uzaklaşarak şeylerin ardındaki özü anlama ve sorgulama yolunda ilerler. Sanatın soyuta yönelmesinde, sanatçının, matematik alanındaki gelişmeleri inceleyerek ya da doğada gözlemlediği geometriyi, yapıtlarına yansıtarak yorumlaması etkili olmuştur. Modern sanatçı, yapıtlarında matematiksel kavram ve kuramları yorumlaması, doğanın soyut olarak yorumlanmasına ve çağdaş sanatta geometrik yorumların ortaya çıkmasında, sanat ile matematiksel kavram ve kuramların birbirleriyle ilişki içinde olduğunu göstermektedir. Birbirleriyle güçlü bir etkileşimde bulunan sanat ve matematik, birbirlerinin temelini oluşturarak birbirlerini destekler. Birbirini destekleyen bu iki olgu, "matematiğin estetik yönü" ile "sanatın ölçülebilir yönü" birbirlerine sarmal bir özellik gösterdikleri gibi aynı zamanda, birbirlerinden bağımsız özellikler de taşırlar. Sanatın sonsuz çeşitliliği ve uygulama olanakları içerisinde matematiğin bilinçli olarak kullanılabilirliği ile yeni üretimler yapılabilir ve salt sanat için matematik kullanılabilir. Makalede, matematiksel kavramlar olarak, fibonacci sayıları ve altın oran, mobius şeridi ve klein şişesi, çokyüzlüler, hilbert uzay doldurma eğrisi, fraktal geometri, helisoid eğrisi, sabun baloncukları ve kuantum teorisinin tanımına ve bu kavramlara ait resim, seramik, heykel ve mimari alanlarda örnek çalışmalara yer verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Fibonacci sayıları, Mobius şeridi, Fraktal geometri, Kuantum teorisi

Atabey, S. 2023. "Matematik ve Sanat". Görünüm, 14, 61-80.

Mathematics and Art*

The first version of this study was held in Afyonkarahisar on 23.11.2022.
Presented as an oral presentation at the Ceramics Congress.

Sending Date: 27.02.2023 – **Acceptance Date:** 17.05.2023

Semiha Atabey
Kocaeli University, Institute of Social Sciences, Department of Sculpture, Master's Program
ozge.tatli.4698@gmail.com, **ORCID**: 0009-0006-8809-2625

Abstract

Mathematics is a fundamental science of the universe and, like art, it studies nature. Mathematics creates theories by examining events in nature, the order and sequences in organic or inorganic structures in nature. The feature of being abstract in mathematics has also affected the art and has been effective in the art's orientation towards the abstract. In recent history, art moves away from imitating nature and moves towards understanding and questioning the essence behind things. The artist's interpretation of the geometry he observed in nature, by examining the developments in the field of mathematics or by reflecting it on his works, has been effective in the tendency of art to abstract. Art and mathematics, developments in science and artistic creation, which interact strongly with each other, support each other by forming the basis of each other. With the conscious use of mathematics within the endless variety of art and its application possibilities, new productions can be made and mathematics can be used only for art. In the article, as mathematical concepts, fibonacci numbers and golden ratio, mobius strip and klein bottle, polyhedra, hilbert space filling curve, fractal geometry, helisoid curve, soap bubbles and the definition of quantum theory and examples of these concepts in painting, ceramics, sculpture and architectural fields. studies will be included.

Keywords: Fibonacci numbers, Mobius strip, Fractal geometry, Quantum theory

GİRİŞ

İnsanlık varoluşundan bugüne en çok doğa ile ilgili konuları araştırmıştır. Matematik ve sanat kaynağını doğadan alır. Matematiğin doğada var olmadığını savunan bazı matematikçiler de bulunmaktadır. Bu konuyu şu şekilde tartışmaya sunmaktadırlar: Doğada matematik kavramı olarak bir nokta yoktur, matematiksel olarak nokta boyutsuzdur, elle tutulamaz, gözle görülemez. Kalem kâğıda dokundurulduğunda oluşan nokta boyutludur. Aynı şekilde "Doğada sonsuz da yoktur pi sayısı da" şeklinde açıklama ile matematiğin tamamen insan yaratımı olduğunu savunmuşlardır. Doğada doğrudan çizilmiş bir doğrusal çizgi ya da nokta görülmez. Fakat doğada nokta, bir kelebeğin kanadında, bir uğur böceğinin deseninde, doğrusal çizgi de bir ağacın gövdesinde görülebilir. Doğada rakamlar veya diğer başka matematiksel ifadeler de görülmez. Sayılar ve diğer matematiksel kavramlar, doğadaki canlıları, nesneleri sayıca betimlemek ve doğa olaylarını açıklamak için ortaya atılmış olan kavramlar ve teoremlerdir. Doğada gözle görülen veya görülemeyen her şeyde belli bir düzen ve dizilim vardır. Bilimde teoriler ve kanıtlar, sanatta ise sanatçının duygularının dışavurumu ve sezgileri yön verir. "Güzeli yaratmada matematiğe ihtiyacımız var mıdır?" sorusuna cevap olarak Galilei'nin "Doğanın kitabı matematikle yazılmıştır" sözü verilebilir. Matematiğin sanat ile birbirlerini tamamlayan iki öğe olduğunu belirten Galileo şu ifadeleri kullanmıştır: "Evren her an gözlemlerimize açıktır; ama onun dilini ve bu dilin yazıldığı harfleri öğrenmeden ve kavramadan anlaşılamaz. Evren matematik diliyle yazılmıştır, harfleri üçgenler, daireler ve diğer geometrik biçimlerdir." (Koçak vd., 2018). Matematik doğadaki nesnelerin biçimsel özelliklerini, işleyiş tarzlarını, ölçme ve hesaplamayı sağlayarak doğayı daha iyi tanımamızı ve dolayısıyla mimari ve sanat dallarında başarılı tasarımlar yapılmasına olanak sağlar. Sanatın içeriğinde bulunan tasarım, düzen, güzellik ve estetik gibi kavramların temelini matematik ve geometriyle doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Sanatçının eserini tasarlarken göz önünde bulundurduğu kavramlar, matematik kavramını içermektedir. Dolayısıyla güzellik kavramının, matematik ile ilişkili olduğu görülmektedir. Aynı zamanda matematik alanı için de yaratıcı düşünce geliştirmek önemlidir. Bu bağlamda, matematik alanının ve sanatın ile iç içe olduğu görülmektedir.

On yedinci yüzyılda Avrupa' da oluşan bilimsel gelişmeler sonucunda evrenin ve doğanın matematik kavramlarla anlaşılabileceği düşüncesini doğurmuştur. Bu durum Rasyonalizmin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Rasyonalizm, gerçeğe ulaşmada ve hakikatin bilgisini edinmede matematiksel yöntemi temel edinir. On dokuzuncu yüzyılın başlarında gelişen endüstri, yeni bilimsel matematiksel bulgular yeni bir kent yaşamı, yeni bir yaşam, yeni bir bakış açısını getirmiştir. Bu yeni bakış açısı ile sanatçı ve sanat olgusu da değişim içine girmiştir. Empresyonizm ile başlayan bu değişim tüm sanat akımlarında gözlenmiştir. Kandinsky, matematiksel ve bilimsel gelişmeler ile ilgili düşüncelerini şu sözlerle ifade eder: Bilimsel bir gelişmenin algılarını değiştirdiğini, atomun bölünmesi ile tüm algılarının çöktüğünü belirterek ‘Her şey şüpheli oldu, belirsiz ve hayali’ ifadelerini kullanır. Mondrian, Dr. Schoenmakers’in matematik teorilerinden yararlandığını ifade ederken, Malevich ise Süprematizm akımını zamanı ifade eden dördüncü boyutla ilişkilendirmiştir. (Çelikkan, 2018; 48-54). Einstein’in görelilik kuramıyla, boşluğun (uzayın) madde gibi bir enerji olduğu ve dördüncü boyut olan zamana karşılık geldiği ile ilgili buluşu konstrüktivizm’de karşılığını bulmuştur. “Tatlin, Gabo ve Pevsner gibi konstrüktivist sanatçılar, yaptıkları heykellerde, boşluğu somut bir madde olarak ve heykelin tamamlayıcı bir parçası şeklinde kullanmışlardır.” (Özer, 2009: xv).

Doğada, güzellikleriyle kendine hayran bırakan bitki, nesne ve canlıların yapılarına bakıldığında matematiksel ve geometrik özellikler dikkat çeker. Sarmaşık dallarında, deniz salyangozlarında görülen spiraller, arı kovanlarındaki düzgün altıgenler akla gelen ilk örneklerdir. Mineral kristallerinde görülen simetri ise şaşırtıcı bir güzellik sunmaktadır. Çevremizde gördüğümüz ağaçlar, çiçekler, kelebekler ve gözümüzle göremediğimiz hücrelerimizde bulunan DNA sarmallarına kadar her şeyde belli bir düzen ve dizilim bulunmaktadır. Matematikçiler, bilim adamları bu düzen ve dizilimlerden yola çıkarak matematiksel formüller geliştirmişlerdir. Bu formüller sayılarla ifade edilebildiği gibi geometrik şekillerle de ifade edilmektedir. Bu çalışma, Fibonacci sayıları, Altın oran, Mobius şeridi, Klein şişesi, Polihedra (çokyüzlüler), Hilbert uzay doldurma eğrisi, Fraktal geometri, Helisoid eğrisi, Sabun baloncukları ve Kuantum teorisinin açıklanması resim, heykel, seramik ve mimari alanında bu konularla ilgili verilen örnek eserler ile sınırlandırılmıştır.

Yöntem

Bu araştırmada, çeşitli literatür, internet kaynakları, basılı kaynaklar, yayınlanmış makaleler, görsel kaynaklar, dergiler, yüksek lisans, sanatta yeterlik tezleri araştırılarak oluşturulmuştur.

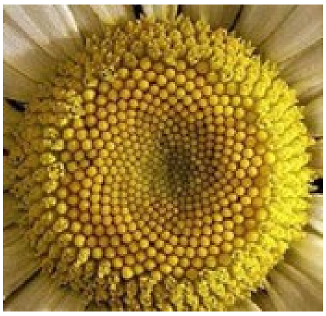
Matematiksel Kavramlar ve Sanatsal Çalışmalar

Fibonacci Sayıları

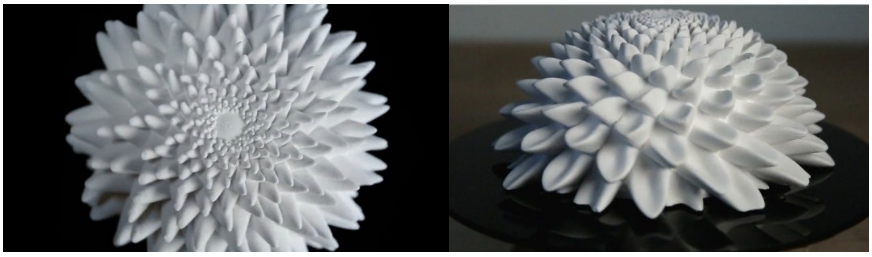
Leonardo Fibonacchi da Pisa (1170-1250) tarafından 1202 yılında yayımlanan Liber Abaci isimli cebir ve hesaplama kitabında tanımlanan bu sayı dizisinde her sayı kendisinden önceki iki sayının toplanmasıyla elde edilir. 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597 …. Bu dizide 12. terim olan 144 sayısından sonraki tüm ardışık terimlerin oranları 1,61803 olan altın oranla özdeşleşir. (Atabey ve Terviel, 2020: 130).

Dizideki ardışık iki sayının oranı sayılar büyüdükçe Altın Oran’a yaklaşır. Doğada görülen birçok oluşumda bu dizi rahatlıkla görülebilir. Bu sayılar bir ağacın ve bitkinin dal ve yaprak sarmalında, bitki tohumlarında ve kozalaklarda sıkça görülmektedir. Bir bitkiyi incelediğimizde bir yaprağın alttaki yaprağı kapamayacak şekilde yani güneş ışınlarının ve yağmur damlalarının her bir yaprağa gelecek şekilde dizildiği görülür. (Çakar, 1992: 9).

Bilgisayar teknolojisinin gelişimi ve yaygınlaşması ile doğadaki geometrik oluşumların cebirsel ifadeleri de incelenmiştir. 1990 yıllarında eğrelti otunun fraktal geometri özelliği taşıdığı fark edilerek doğanın geometrisi yani fraktallar açıklanmıştır. Fraktal yapılardaki sarmallar Fibonacci sayı dizilimi ve altın oran ile açıklanabilir. Fibonacci sayı dizisi doğada bulunan en küçük yapıyı bile matematiksel olarak açıklamaya olanak sağlamaktadır. Fibonacci sayı dizisi, canlı ve cansız yapılarda bulunan altın oranı da ifade eder. Örnek olarak, insanın işaret parmağındaki kemiklerin oranında, fibonacci sayı dizilimi bulunmaktadır. İnsan vücudunda bulunan yapılar da simetrik özellik ve altın oranı barındırmaktadır. Doğa oluşumları ve evrendeki gezegenlerin hareketleri de fibonacci sayı dizisinin geometrik biçimi olan sarmalla açıklanabilmektedir. (Cengiz vd., 2020: 565-566).



Görsel 1. Ayçiçeği (Akdeniz, 2007:105)



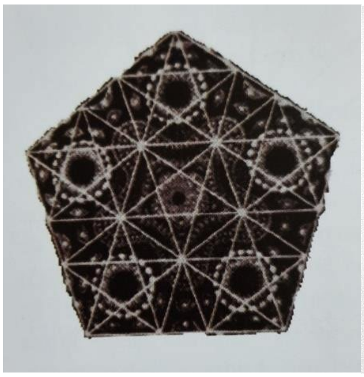
Görsel 2. John Edmark, Creating Never-Ending Bloom (Serim, 2015).

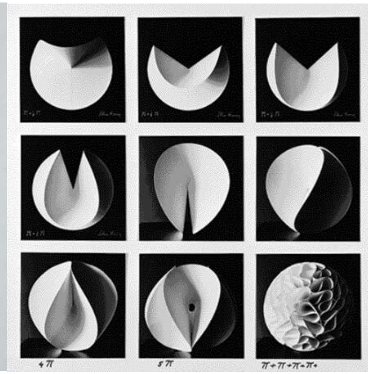
John Edmark, Stanfort Üniversitesinde tasarım eğitimi veren bir sanatçıdır. Görsel 2'yer alan çalışmayı Fibonacci sayıları ile tasarlamıştır. Algılarla gerçekliği karıştırarak hareketli ve yanıltıcı eserler üretir. 3 boyutlu yazıcı ile yaptığı heykeller 137.5^0 eksenine geldiğinde mükemmel açılar oluşturuyorlar. Sanatçı, matematiği, 3 boyutlu yazıcıları ve animasyonun en eski tekniklerinden olan zoetrop tekniğini birleştirerek etkileyici bir sunum yaratmaktadır. (Serim, 2015).

Altın Oran

Matematikte iki miktardan büyük olanın küçüğe oranı, miktarların toplamının miktarların büyük olanına oranı ile aynı ise altın orandır. Altın oran aynı zamanda antik çağdan bu yana sanat ve mimaride en iyi uyum ve oranları veren düzen bağıntısı olarak kabul edilmekteydi. (Altın Oran, t.y.).

Altın Oran doğada, salyangoz, asma filizleri, çam kozalağı, sarmaşıklar, ayçiçeği, deniz kabuğu, tütün bitkisi, eğrelti otu, insan bedeninde ve bedenin ayrıntıları olan yüzde, kollarda, parmak izlerinde, keçi, koç ve diğer boynuzlu hayvanların boynuzlarında ve DNA sarmallarında görülmektedir. Doğada böylesine yaygın olarak görülen Altın Oran yüzyıllardır matematik, mimari ve sanat dallarında estetik değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Altın oranlı geometrik şekillerin fraktal yapılar oluşturmaya yatkın oldukları görülmektedir. (Akdeniz, 2007: 21). Altın oran tarihte, Eski Mısırlılar ve Yunanlılar tarafından heykel ve mimaride yoğun bir biçimde kullanılmıştır. Altın oran, özellikle Rönesans döneminde güzellik anlayışı olarak görülmüş ve kullanılmıştır. Sanatçılar, altın oranı kullanarak eserlerinde güzelliği elde etmeye çalışmışlardır.

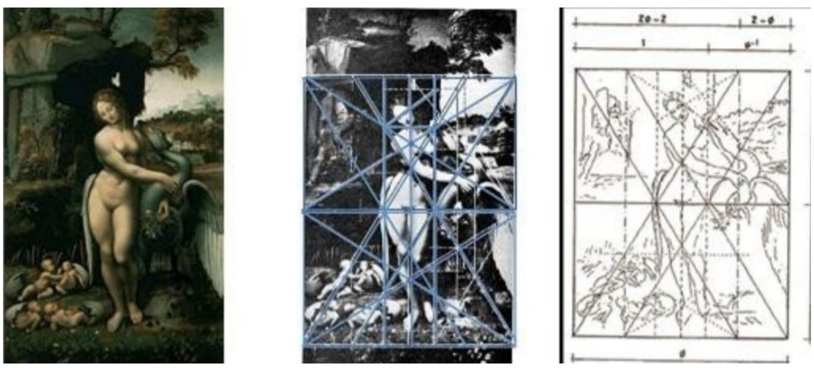




Görsel 3. Deniz hıyarı kesiti (Akdeniz, 2007: 27).

Görsel 4. İlhan Koman, Pi Serisi, 1980-1983 (Aydemir, 2020).

İlhan Koman, Türkiye'nin Da Vinci'si olarak da anılmaktadır. İlhan Koman, heykellerini tasarlarken matematik formüllerini kullandığı bilinmektedir. Birden fazla pi sayısı bulunan yüzeyler oluşturarak tasarladığı ~~heykelde (Görsel 4), dairenin ölçülerini~~ değiştirmeden, yüzeyde pi sayısının katlarını artırarak kıvrımlardan oluşan bir seri çalışma yapmıştır. Sonsuz sayıda pi kullanılınca, yüzeyler katlanarak, kavisler yaparak iç içe geçmiştir. Ortaya çıkan şekil, en dış yüzeyi ve merkezi birbirine bağlayan katmanlarca yüzeyden oluşan, baş döndürücü bir küre olmuştur. (Aydemir, 2020).

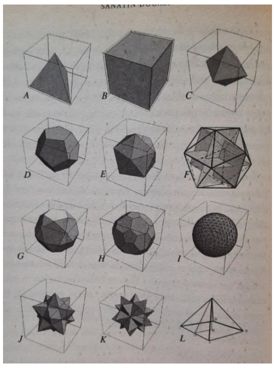


Görsel 5. Leonardo da Vinci, Leda, 1505, Borghese Galerisi, Roma (Beyoğlu, 2016: 375).

Leonardo'nun mitolojiden konu edindiği Görsel 5'te bulunan Leda isimli eserinde, iki yatay altın dikdörtgen bulunmaktadır. Gövde, bel, bacaklar, kuğu, melekler ve tüm detaylar Yunan ölçülerine göre düzenlenmiştir. Leonardo altın oranı perspektifle birleştirerek sayıların ardı ardına 1/2, 1/3, 1/4, 1/5 oranlarında olacak şekilde yerleştirmiştir. Görselde görülen diyagonaller kesik noktalar halinde altın oran ölçülerini göstermektedir. Simetrik olarak karşı karşıya düşen biçim ve lekeler aynı zamanda ton farkları ile birbirlerine kontrast değerler yaratmaktadır. (Beyoğlu, 2016: 375-376).

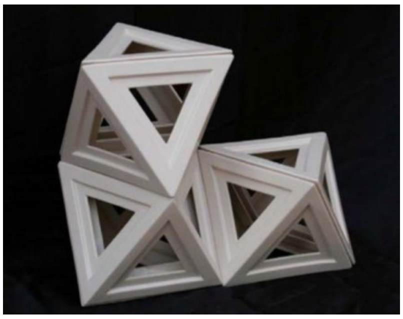
Çokyüzlüler

Yüzeyleri çokgenlerden oluşan ve bütün yüzeylerin eşit olduğu üç boyutlu geometrik formlara polihedra (çokyüzlüler) adı verilmektedir. Çok yüzlüler birden fazla simetrik özelliğe sahiptirler. Her bir düzlem parçasına yüz, yüzlerin birleşimine ayrıt, üç veya daha çok ayrıtın birleştiği noktaya ise köşe denir. Çokyüzlüler yüzey sayılarına göre adlandırılır. Kübik çok yüzlülere örnek olarak elmas kesim ve pırlanta biçimleri verilebilir. Çok yüzlülerin mükemmel bir simetriye sahip olması, matematikçilerin ve sanatçıların ilgisini çekmiştir. (Gündüz, 1998: 26).

Görsel 6. Bal peteği, (https://istockphoto.com/arılarpetek).

Görsel 7. Çokyüzlüler, (A) Dört kenarlı dörtyüzlü (tetrahedron), (B) Altı yüzlü küp, (C) Sekiz kenarlı sekizyüzlü (octahedron), (D) On iki kenarlı on ikiyüzlü (dodecahedron), (E) Yirmi kenarlı yirmiyüzlü (ikosahedron), (F) Yirmiyüzlünün içinde dönen onbeş altın dikdörtgen (şekilde sadece üçü görünmektedir), (G) İkosidodekahedron, (H) Uçları kesilmiş yirmiyüzlü ya da köşeleri kırpılmış yirmiyüzlü, (I) Geodesate ya da tamamen kaplanmış on ikiyüzlü, (J) Yıldız on ikiyüzlü, (K) Yıldız yirmiyüzlü, (L) Altın piramit. (Atalay, 2006: 105).

Görsel 8. Piet Blom, Küp Evler, Kubuswoningen (Milliyet Emlak, 2021).

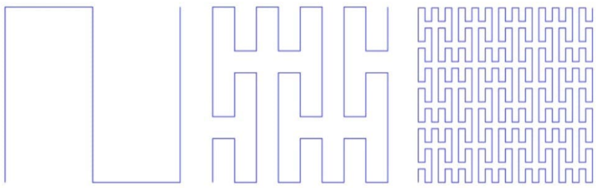
Görsel 9. Lale Demir Oransay, Strüktür 5 Varyasyon 2, 55x32x48 cm, Döküm Yöntemi ile Şekillendirme, Eskişehir, 2006. (Oransay, 2006: 140).

Küp Evler, Hollanda'nın Rotterdam Kubuswoningen şehrindedir. Hollandalı mimar Piet Blom tarafından 1970 yıllarının sonunda tasarlanan bu evler (Görsel 8), 45 derece eğimli küplerden oluşmaktadır. Küp Evlerin 45 derece eğik olmasının nedeni mevcut alanı en verimli şekilde kullanmak için tasarlanmıştır. Blom daha önce Hollanda'nın Helmond şehrinde kübik mimariyle ilgili deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bir ormanı temsil ediyormuş gibi planlanarak tasarlanan Rotterdam'daki Küp Evler, her bir kübün tepesi bir ağaç tepesini andıracak şekilde asimetrik olarak inşa edilmiştir. Yapısal olarak, küpler altıgen bir direk üstüne oturtulmuştur. Küp Evler, beton zeminler, beton sütunlar ve ahşap çerçevelerden oluşmaktadır. (Milliyet Emlak, 2021).

Lale Demir Oransay, ‘Strüktür 5 Varyasyon 2’ isimli yapıtında (Görsel 9), dört yüzü olan altı adet çok yüzlü formu, bir araya getirerek, üçlü kompozisyon halinde, sekiz yüzlü bir ‘octahedron’ olarak ifade edilen bir form oluşturduğu görülmektedir. Dört yüzlü formlardan oluşan bu eserde, birimler arttıkça farklı varyasyonlarda bir araya geldiğinde farklı biçimlerde çok yüzlü formların oluşabileceği izlenimi oluşmaktadır. (Bebek ve Coşar, 2021: 402).

Hillbert Uzay Doldurma Eğrisi

Uzay doldurma eğrisi bir doğru parçasından bir düzleme tanımlanan bir fonksiyon olarak ve kendisini sürekli tekrar eden bir eğrinin oluşturduğu düzlem olarak tanımlanır. Bu işlem sonsuz çoklukta tekrarlandığında tek boyutlu eğri iki boyutlu düzleme dönüşmektedir. Bu ve buna benzer eğriler fraktal yapıların temelini oluşturmuşlardır. Adını, matematiğin biçimsel temellerinin oluşmasında önemli katkıları olan, Alman matematikçi David Hilbert’ten almıştır. (Atabey, 2022: 63).

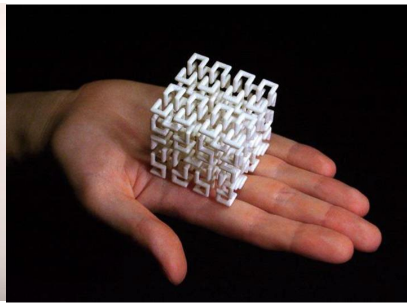


Görsel 10. Hilbert uzay doldurma eğrisi (Boşluk Doldurma Eğrisi, t.y.).

Heleman R. P. Ferguson, Hillbert uzay doldurma eğrileri üzerinde çalışan Amerikalı matematikçi ve sanatçıdır. Sanat eğitimini Hamilton kolejinde resim ve heykel üzerine yapmıştır. Washington Üniversitesinde matematik dalında profesörlük derecesini almıştır. Ferguson, yaşamını heykel yaparak sürdürür ve matematiğin estetik bir özellik taşıdığına inanmaktadır. (Koç, 1995: 45-46).

> Heykellin en ilginç yanı ise onun yaratılış sürecidir. Bilgisayar destekli üretim tekniklerinin uygulandığı ax3+bx2y+cxy2+dy3 kübik reelbinom denkleminden elde edilir. Heykelin formu ve doku belirlendikten sonra gerekli koordinatlar hesaplanarak bilgisayara aktarılır

ve sayısal kontrollü oyma makinesi ile pozitif çıktı alınır. Bu pozitif çıktı geleneksel heykel teknikleriyle bronza dökülerek son halini alır (İrhan, 2013: 38). (Görsel 11).

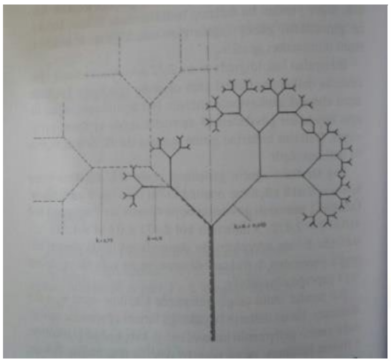
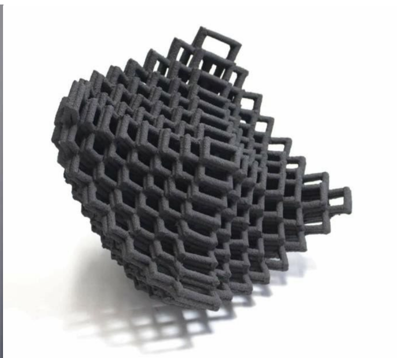
Görsel 11. Heleman R. P. Ferguson, Umbilic Torus (Koç, 1995: 45-46).

Görsel 12. Henry Segerman, Hilbert Curve (https://www.shapeways.com/product).

Henry Segerman Avustralyalı matematikçi Henry Segerman, Oxford Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrencisi ve Stanford Üniversitesi'nde doktora çalışması yapmıştır ve Oklahoma Üniversitesi'nde bir profesördür. Matematiği daha iyi ifade edebilmek için matematiksel formülleri üç boyutlu modeller haline dönüştürmektedir. Görsel 12'de yer alan çalışma plastik malzeme ve 3D yazıcıları ile üretilmiştir. Segerman çalışmaları hakkında şu şekilde ifade etmektedir: "Matematiğin dili genelde sanatın dilinden daha az ulaşılabilirdir, fakat matematiksel bir fikri ifade eden resim ya da heykel üreterek birinden diğerine tercüme etmeye çalışabilirim." (Segerman, t.y.).

Fraktal Geometri

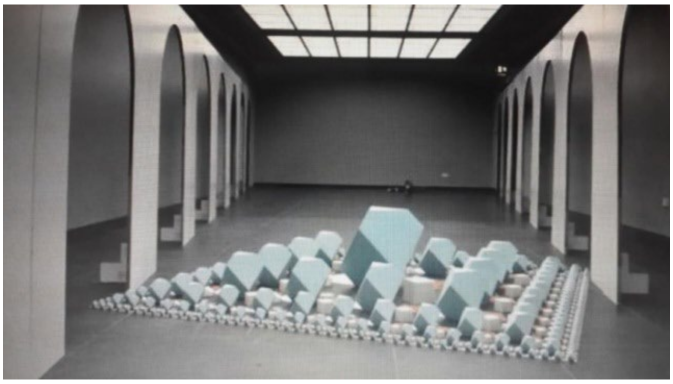
Latincede kırıklı, parçalanmış, bölünmüş anlamına gelen "fraktus" sözcüğünden türetilmiştir. Kelime anlamından anlaşıldığı gibi fraktal geometri sürekli kendini tekrar eden, giderek küçülen ve sonsuza kadar devam eden birimlerin bütünü oluşturmasıdır. Bir yapıda fraktaldan bahsedebilmek için birimlerin tekrarı, benzerlik ve ölçü olmak üzere üç temel özelliğin bulunması gerekir. Fraktalı oluşturan birimlerin her biri yapının bütününe benzerdir. Desenler giderek küçülen ölçeklerde ya da giderek büyüten ölçülerde yinelenir ve soyut nesnelerde sonsuza kadar sürebilir ve yine nesnenin bütününe benzemesi olayıdır. Her bir parçanın bütüne benzemesi fraktalların önemli bir özelliğidir. Doğada gördüğümüz hemen her elemanda farklı ölçeklerde kendine benzer fraktallarla karşılaşılmaktadır. Doğadan örnek olarak kar taneleri, deniz kabukları, vücutta bulunan damarlar, galaksiler, galaksi kümelerinin diziliş şekli ve buna benzer daha birçok varlıkta fraktalları görmek mümkündür. (Gündüz, 1998: 42-43).

Görsel 13. Fraktal geometriye göre çizilmiş bir ağaç (Çakmak, 2011: 70).

Görsel 14. Marga Boogaard, Spinel, Elle Şekillendirme, 27x30x30 cm (Boogaard, 2021).

Marga Boogaard, çalışmalarına dair şu ifadeleri kullanmıştır; Geometrik formlar çalışıyorum çünkü onunla pek çok şekilde oynayabilirim. Ruloları farklı katmanlara koyup formu oluşturuyorum. Form üzerinde çalışırken aklıma bir sonraki fikir geliyor. Yıllardır geometriyi esin kaynağı olarak kullanıyorum. Çalışmamın konusu, nesnemin içinin görülebilmesi ve daha sonra daha yakından bakmaya davet edilmenizdir, çünkü görülecek çok şey var. Renkler çok temeldir, en önemlisi formun şeklidir. Görsel 14'te yer alan, benzer birimleri küçükten büyüğe doğru yerleştirdiği çalışmasında fraktal yapılar görülebilmektedir. (Boogaard, 2021).

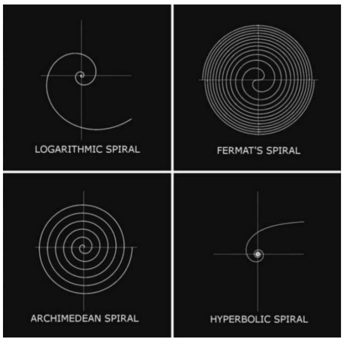


Görsel 15. Tommy Stockel, Yaşam Güzel Değil Midir? (Borello, 2008).

Tommy Stockel, Danimarkalı sanatçı için gerçeklik sıradan bir kavramdır. Matematiksel bir düzene sahip olan düzenlemelerinde kâğıt, kart ve strafor gibi malzemeler kullanıyor. Mimarlardan ve yazarlardan, diğer sanatçılar kadar ilham alan Stockel çalışmalarında, orantıları ve boyutları yeniden tasarlarken karışıklığa düzen katıyor. İzleyiciyi mekân ve yapılar hakkındaki anlayışlarını sorgulamaya zorluyor. (Borello, 2008). Düzenlemesinde aynı şekillerdeki parçaları büyükten küçüğe doğru sıralaması, fraktal geometrinin kurallarını yansıttığı görülmektedir.

Helisoid Eğrisi

Spiral, merkezinden uzaklaşarak ve merkezi etrafında dönmesi ile oluşan bir eğridir. Spirali ilk tanımlayan Arşimed'dir. Bir nokta etrafında sabit bir hızla ve açı ile hızla dönen bir doğru Arşimed spiralidir. Bu spiralin sarımları birbirinden eşit uzaklıktadır. Spiralin yarıçapı a+2a+3a+4a+…+na olarak büyür. İkinci tip spiral 1638'te Descartes tarafından bulunmuştur. Bu spirale logaritmik ya da eşit açılı spiral denmektedir. Spiralin sarımları arasındaki uzaklık a+2a+4a+8a+16a+…olarak büyür. (Deligeorge, 1998: 47). Helis ve spiraller, doğada moleküllerden tutun gökadalara, güneşin manyetik alanına, parmak izleri, içkulak salyangozu, göbek kordonu, mamutların dişleri, fillerin hortumları, fizikte maddenin en küçük parçalarının hızlı ve serbest haldeyken çizdikleri yol spiral biçimindedir. Asma filizleri, sarmaşıklar, bazı mikroplar, bazı yaprakların dal etrafında dizilişi ve canlıların kalıtım molekülü DNA ise sarmal biçimindedir.



Görsel 16. Spiral Örnekleri, (Matematiksel, 2021). **Görsel 17.** Jennifer McCurdy (McCurdy, t.y.).

Jennifer McCurdy; Bir çömlekçi olarak çalışmalarıma çevremdeki hayatın dengesini yansıtmaya çalışıyorum. Çevremde gördüğüm kalıpların formlarımla uyumlu olması benim için önemli. Güzel bir yüzeye sahip olduğu ve ifade etmek istediğim ışık ve gölge niteliklerini aktarabilmek için yarı saydam bir porselen gövde kullanıyorum. Çömlekçi çarkında şekillendirirken, yumuşak bir gölge hareketi oluşturmak için biçimi değiştiriyorum. (McCurdy, t.y.). Çalışmalarında dengeyi yansıtmak için helisoid eğrisi, spiral biçimli formlar yaratması, ying ve yang enerjilerinin birbirlerini dengeleyerek ve tamamlayarak akıp gitmesi gibi etkiler uyandırmaktadır.

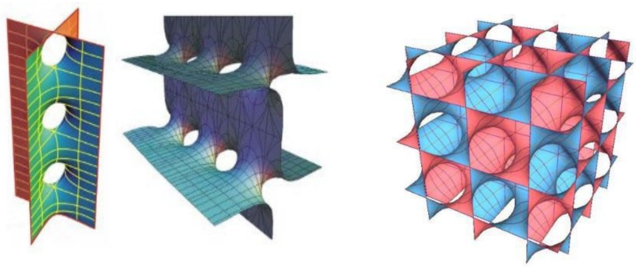
Görsel 18. Philipp Nikandrov, Evrim Kulesi, (2011-2014), (Evrim Kulesi, t.y.).

Evrim Kulesi, Gorproekt şirketi (2011-2014) tarafından tasarlanmıştır ve projenin baş mimarı Philipp Nikandrov'dur. Helisoid eğrisine örnek olan ve Görsel 18'de yer alan kulenin en üstteki 51 katının her biri bir öncekine göre 3 derece döndürülür, bu nedenle bina 156 dereceden fazla bükülür. Aynı zamanda, merkezi çekirdek ve eksenler arasında 15 metre açıklık bulunan sekiz sütun, tüm yükseklik boyunca dikey kalır. Spiral geometri sadece binanın dört köşe destekleri ile tekrarlanır.

2016 yılında Yüksek Binalar ve Kentsel Çevre Konseyi tarafından dünyanın en yüksek 30 spiral gökdeleni listesine dâhil edilmiştir. (Evrim Kulesi, t.y.).

Sabun Baloncukları

On dokuzuncu yüzyılda Belçikalı Fizikçi Joseph Plateau, sabun baloncuklarının yapısı ve özellikleri ile ilgili pek çok deney yapmış ve dört maddelik bir sonuca ulaşmıştır: Bir sabun zarı düzgün parçalar topluluğundan oluşur, herbir düzgün parçanın ortalama eğriliği sabittir, üç sabun baloncuğunun yüzeyleri birleştikleri yerde düzgün bir eğri meydana getirir ve 120 derecelik bir açıyla herbir yüzeyi böler, ortaya çıkan altı eğri birbirlerine yaklaştıkları yerde bir nokta oluştururlar ve bu noktada her çift arasındaki açı eşittir. Plateau bulduğu sabun baloncuklarından farklı sabun baloncukları elde etmek için küp ya da sekiz yüzlü baloncuk elde etmek için birçok deney yapsa da, elde ettiği dört sonucu bulmuştur. Sabun zarlarını model alan matematiksel yüzeyler, en küçük alana sahip yüzeylerdir ve matematikçiler bu yüzeylere ‘minimal yüzeyler’ adını vermektedir. Sabun baloncukları ile yapılan deneyler matematik alanında deneysel matematik olarak adlandırılan yeni çalışma disiplinini ortaya çıkartmıştır. (Özsöylev, 1998: 46).



Görsel 19. Tek yönlü, iki yönlü ve üç yönlü periyodik minimal yüzeylere örnekler (Güner ve Çağdaş, 2019: 42).

Görsel 20. Eva Hild, 2020 (Hild, 2019).

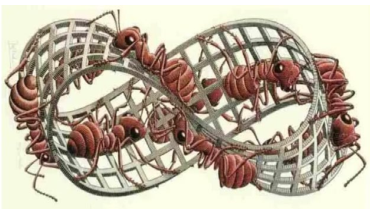
Görsel 21. Frei Otto, Münih Olimpik Parkı, 1972, (Güner, 2016: 35).

Eva Hild’in eserleri, Görsel 20’de görüldüğü gibi boşluk ve doluluk, kırılganlık ve dayanıklılık, varlık ve yokluk gibi zıt kavramları aynı anda kendisinde barındıran bir özelliğe sahiptir. Sanatçı, yapıtlarında belirli bir basıncı ve hareketi anlatır. New York Albany Üniversitesi'nde Matematik profesörü olan Nat Friedman, Eva Hild'in eserleri için, yüzeyler temelde hiperbolik bir geometriye sahip olduğundan minimal yüzeylere sahip zarif topolojik formlar olarak nitelendirir. Zarafet onun eserlerinde durmaksızın akar ve farklı derecelerde içsel ve dışsal basınçlar ve gerilimler ile iç ve dış mekân algısını yok ederek sürekli bir dönüşüm yaratır. (Hild, 2019).

Frei Otto, deneysel mimarlık çalışmalarıyla ün kazanmış Alman bir mimardır. Münih Olimpik Parkı, minimal yüzeylerin mimarlıkta kullanılması Frei Otto'nun. tasarımlarının çıkış noktası olarak yaptığı deneyler mimarlık alanı için önemlidir. Frei Otto örümcek ağlarından sabun köpüklerine varıncaya kadar doğadan ilham alarak, az enerji ve az malzemeyle tasarımlar yapmaya çalışmıştır. Frei Otto'nun yaptığı deneyler, onun mimari anlayışının temelini oluşturmaktadır. Otto, 1961 yılında sabun köpükleri ile yaptığı deneylerinde teller ile oluşturduğu dikdörtgen çerçeveyi, sabunlu suya daldırıp çıkartarak, ince bir film halinde sabun köpüğü tabakası oluşturarak yaptığı deneylerinden elde ettiği minimal yüzeylerle oluşan formlar Görsel 21'de görülen mimari gibi onun birçok tasarımına ilham olmuştur. (Güner, 2016: 35).

Mobius Şeridi

Alman matematikçi August Ferdinand Möbius (1790-1868) matematiksel tanımını vermiştir. Möbius şeridi, geometrik olarak uzunca bir şeridin bir ucunu 180 derece bükerek diğer ucu ile birleştirilmesiyle elde edilir. Normal bir şeridin iki yüzü olmasına karşın Möbius şeridinin bir yüzü vardır. Diğer bir ifadeyle, Möbius şeridinin üzerindeki bir noktadan hareket edildiğinde yine aynı noktaya geri dönülür. (Baytaroğlu ve Bayhan, 2019: 20).




Görsel 22. Maurits Cornelis Escher Sonsuzluk II, 1963, 45,3 x 20,5 (İstanbulsanatevi, t.y.).

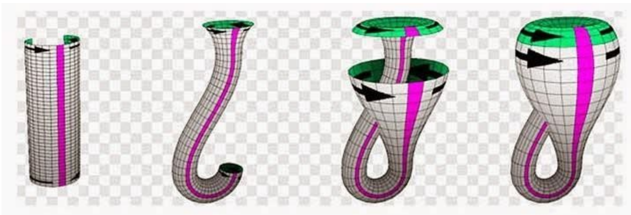
Görsel 23. Fenella Elms, Free Standing: Moody Mobius, 2017, (Milena, 2013).

Maurits Cornelis Escher (1898-1972) Hollandalı bir sanatçıdır. Teknik ressam, kitap ressamı, duvar kilimi tasarımcısı, duvar ressamı ve baskı ressamıdır. Escher'in matematikle tanışması, 1937'de çalışmalarını inceleyen jeoloji profesörü olan kardeşi Berend'in, tavsiyeleri ile olmuştur. Escher, kendisinin oluşturduğu tekniği kullanarak matematiksel yaklaşımı simetri çalışmalarına uyarlamıştır. (Yazıcı, 2011: 65-66). Escher'in tasarladığı mobius şeridi ile sonsuzluğu ifade eder.

Fenella Elms'in eserleri, parçalar tek tek birleştirilerek, bir etkileşim içinde elle şekillendirilmektedir. Işık ve görüş açısıyla değişen bileşenler bir bütün oluştururlar. Elms şöyle açıklıyor: "Üretim süreci, önceki psikanalitik çalışmalardan aktarılan bir uygulamadır: Birçok bileşeni bir araya getirmenin tekrarlayan doğası bir ritim yaratır." (Milena, 2013). Görsel 23'teki heykelinde de, mobius şeridindeki devingenlik ve tekrar bulunmaktadır.

Klein Şişesi

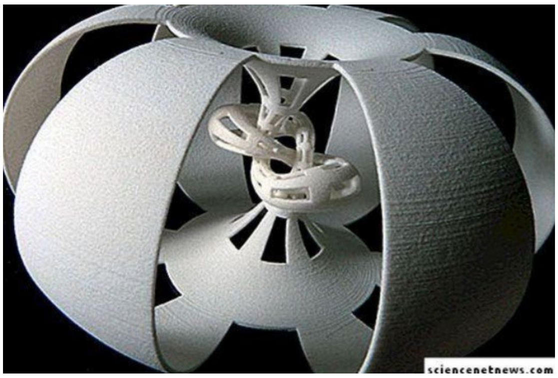
Klein şişesi, 1882 yılında Felix Klein Möbius şeridinde bulunan özelliği kullanarak tek yüze sahip kapalı bir yüzey meydana getirmiştir. Klein şişesi, bir küre gibi kapalıdır ve yüzeyinde bir karıncanın yürüdüğü düşünülürse karınca herhangi bir sınır ile karşılaşmadan sonsuza dek yürüyebilir. Klein şişesi, mobius şeridinin özelliklerini taşıyan üç boyutlu geometrik bir formdur. Klein şişesinin de Mobius şeridi gibi tek yüzeyi vardır. Klein şişesinin özelliği yüzeyinin kendisiyle kesişiyor olmasıdır. Ancak dört boyutta tanımlandığında çözülebilen süreksizlik problemi ile ilgilidir. (Kurtuluş, 1997: 29).




Görsel 24. Klein şişesinin oluşturulma aşamaları (Çağlar, 2017).

Görsel 25. Klein Şişesine doğadan bir örnek, (liputan6.com, 2018).

Alan Bennett İngiltere'de yaşayan bir cam üfleyicisidir. Topolojide ortaya çıkan mobius şeridi ve klein şişesinden etkilenmiş ve çok sayıda klein şişesi üretmiştir. Yaptığı çalışmalar Londra Bilim Müzesi'nde sergilenmektedir. (Alsan, 1998: 31).

Görsel 26. Alan Bennett, Birbirine geçmiş üç klein şişesinden oluşur. (Ahmet, 2008).

Görsel 27. Henry Segerman, Klein Şisesi, (Segerman, t.y.).

Kuantum Teorisi

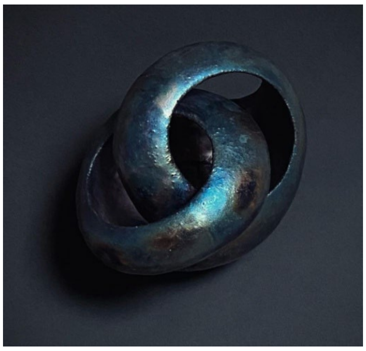
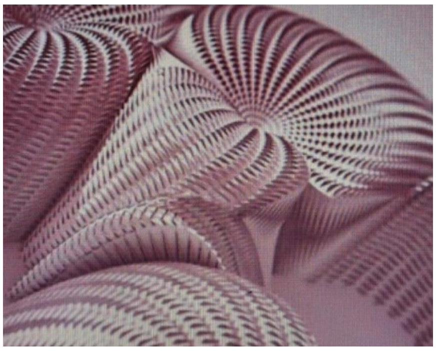
Kuantum teorisi, Latince “quantus” (ne kadar, ne büyüklükte) kelimesinden gelir. Kuantum mekaniği veya kuantum fiziği atom altı parçacıkları inceleyen bir bilim dalıdır. Kuantum teorisi, moleküllerin, atomların ve bunları meydana getiren elektron, proton, nötron, kuark, gluon gibi parçacıkların özelliklerini açıklamaya çalışır. (Kuantum Mekaniği, t.y.).

Kuantum teorisinin en önemli deneyi olan çift yarık deneyinde, elektron tabancasından gönderilen elektronlar tek bir yarıktan geçirildiğinde, gözlem plakasında tek bir çizgi oluşur. Aynı şekilde yarığa ışık gönderildiğinde de yine düz bir çizgi oluşur. Yarık sayısı ikiye çıkarıldığında ışıkta olduğu gibi elektronda da girişim deseni oluşturmuştur. Deneye elektronların hareketlerini gözlemlemek için dedektör eklenmiş ve deney tekrarlanmıştır. Elektronlar bu kez bir parçacık gibi davranmış ve iki sütun oluşturmuşlardır. Bir mikroskobik sistem olan elektronun da dalga fonksiyonu bulunmakta olup kendisi bir potansiyeller dalgasıdır. Yani yarıkların her ikisinden de aynı anda geçerek girişim deseni oluşturur. (Haliki, 2018). Bu deney, gözlem yapmanın gözlemin yani bilincin önemini vurgular. Sayısız potansiyelin bulunduğu evrende, bilicin seçim yapması ile potansiyeller çöker.

Kuantum teorisinin belirsizlik ilkesi ile ilgili olarak, “Konumu belli bir anda kesin olarak bilinen bir parçacığın momentumu sonsuz belirsizliktedir ve bu yüzden parçacık kısa sürede o noktadan ayrılır ve uzaya dağılır. Benzer şekilde momentumu kesin olarak bilinen bir parçacığın konumu sonsuz belirsizliktedir, yani böyle bir parçacık uzayın her köşesinde bulunabilir.” (Turgut ve İpekoğlu, 2000: 46). Kuantum kuramının belirsizlik ilkesi, dalga ve parçacık özelliklerinin ikisinin de kesin olarak belirlenemeyeceğini söyler.

Kuantum teorisinin ortaya çıkışı ile kuantum teorisinin getirdiği, kuantum teorisini anlamaya yönelik sorularla madde ile aramızdaki bağı ve evrenin oluşumu ile ilgili birçok soruyu gündeme getirmiştir. Kuantum fiziği, klasik fiziğin neden sonuç ilişkisini yıkarak yerine belirsizlik, olasılık gibi kavramların gelmesine neden olmuştur. Kuantum kuramı, klasik fiziğin temelini oluşturan olayları neden-sonuç ilişkisi yerine, gözlemci ile gözlemlenen ilişkisine dikkat çeker. Kuantum fiziğindeki ‘Gözlemci’, ‘Gözlemlenen Olgu’ gibi kavramlar felsefede yeniliklerin yaşanmasına neden olduğu gibi sanatta da yenilikler getirmiştir.

Toru Kurokawa, 1984, Kyoto, Japonya doğumlu olan sanatçının son dönem çalışmaları matematik hesaplamalı, geometrik çalışmalardır. Çalışmalarının pişirimlerini yüksek sıcaklıkta geleneksel fırında ve dumanlı pişirim olarak yapmaktadır. (Mirviss, t.y.). Yannick Paget’in büyük ölçekli müzikal çalışmasının ikinci bölümü ve Fizikçi Koji Hashimoto ve Toru Kurokawa’nın, Movement II. Quantum isimli çalışması ile izleyiciyi mikroskobik maddeyi ve salınımını keşfetmek için bir yolculuğa çıkarıyor. (Toru, 2022). Kurokawa, izleyiciye adeta, bu birlikte oluşturulan çalışma ile farklı alanların, evrendeki her şeyin bir olduğu ve her şeyin birbirini etkilediği olgusunun fark edilmesini vurgulamaya çalıştığı hissini vermektedir.

Görsel 28. Toru Kurokawa, Movement II. Ouantum, 2022, (Toru, 2022).

Görsel 29. Alisa Andresk, Biothing, Serioussi Pavyonu (Turhan, 2018: 77).

Alisa Andresk'in çalışması olan Biothing, Serioussi Pavyon'un, Görsel 29' da görülen tasarımında işlevselliğe önem verilmiştir. Tasarımda, doğada ortaya çıkan süreçleri aynalayan fakat farklılaşan özyinelemeli algoritmaların potansiyelini araştırılmıştır. Basit, bilgisayar kodlu girdiler ile yeni sistemler üretilmiştir. Gen kütüphanesi ve atom dünyasına, atom ve atom altı etkileşimlerinin katkısı gibi fikirler bu çalışmada ana temeli oluşturur. Seroussi Pavyonu ile amaçlanan, Parisli galerici Natalie Seroussi'nin 'sanatla yaşayabileceği' gerçek bir binanın oluşması ve sanat sergisinin mekânla birlikte değişerek, mekân alçalıp yükseldikçe serginin de yön değiştirdiği bir yapı haline gelmesidir. Bu, atom altı fiziğin ve mezonların varlığının ortaya konduğu bir fikirdir. Fizikten mimarlığa geçen mezon, aradaki durumların, potansiyellerin ve karşılıklı ilişkilerin bir konusu haline gelir. (Turhan, 2018: 77).

SONUÇ

Makalede yer verilen matematiksel kavramlara ve bu kavramlara ait verilen örnek sanatsal çalışmalarda, matematiksel kavramların sanatsal çalışmalarda özgün, estetik, amaca yönelik tasarım yapma gibi konularda sanata farklı bir bakış açısı getirdiği gözlenmiştir. Birbirleriyle güçlü bir etkileşimde bulunan sanat ve matematik, bilimdeki gelişmeler ve sanatsal yaratı birbirlerinin temelini oluşturarak birbirlerini destekler. Birbirini destekleyen bu iki olgu, "matematiğin estetik yönü" ile "sanatın ölçülebilir yönü" birbirlerine sarmal bir özellik gösterdikleri gibi aynı zamanda, birbirlerinden bağımsız özellikler de taşırlar. Matematik, mimari ve sanat tartışmasız ölçülebilir özellikler içerir. Oran-orantı, simetri, perspektif, düzen ve harmoni sadece ölçünün değil aynı zamanda estetiğin de temelini oluşturur. Bu kavramlar matematiğin ve aynı zamanda mimari ve sanatın tüm dallarının da hem temeli hem de sürekliliği ile ilişkili alanlardır. Matematiği anlamak estetik anlayışın gelişimine ve farklı yorumların ortaya çıkmasına katkı sağlayabilir. Bu konuda yapılacak olan araştırmalar, deneyim ve yeni bakış açıları geleceğe yönelik farklı buluşların da ön adımlarını oluşturabilir. Matematik, bilim ve teknolojideki gelişimler sanat ve matematik arasındaki ilişkiyi daha da güçlendirerek sanatta yaratıcılığın ve yeniliklerin, yeni ifadelerin önünü açabilir.

KAYNAKÇA

Akdeniz, F. (2007). *Doğada, Sanatta, Mimaride Altın Oran ve Fibonacci Sayıları*, İzmir: Nobel Kitapevleri.

Alsan, S. (1998).” Cam Klein Şişeleri”, *Bilim ve Teknik*, sayı:368, s.30-31.

Altın Oran, (ty). Elde Edilme Tarihi: 06.10.2022, https://tr.wikipedia.org/wiki/Alt%C4%B1n_oran.

Aydemir, Eda (2020). Matematik & Sanat; İlhan Koman. Elde Edilme Tarihi: 11.08.2021, https://funmathfan.com/post/matematik-sanat-ilhan-koman.

Atabey, S. ve Terviel, C. (2020). “Reflection of Mathematical Concepts and Theories on Art”, *Global Journal of Arts Education*, Volume 10, Issue 2, (2020) 129-137, www.gjae.eu, s. 130-137.
Atabey, S. (2022). “Matematiksel Kavramların Sanata Yansıması”, *Sanat Yazıları*, Mayıs, e-ISSN 2458-8903.

Baytaroğlu, N.T. ve Bayhan S. (2019). “Geometrik Bakış Açısıyla Topoloji”, *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi,* Cilt 7, Sayı 76, s.18-21.

Bebek, O. ve Coşar, M.Y. (2021). “Seramik Sanatında Çokgen (Poligon) Anlatımlar”, *BŞEÜ Sosyal Bilimler Dergisi 6* (2), 391-408, e-ISSN:2548-088X, https://dergipark.org.tr/tr/pub/bseusbed.

Beyoğlu, A. (2016). “Sanat Eğitiminde Altın Oran ve Leonardo da Vinci’nin Eserleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi”, *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2016,Cilt:XIII, Sayı:I,360-382, ISSN:1305-2020, http://efdergi.yyu.edu.tr.

Boogaard, M. (2021). Elde Edilme Tarihi:10.06.2021, https://facebook/ Marga Boogaard/.

Borello, M.H. (2008). Mellem Kontrol Og Kaos, Elde Edilme Tarihi: 20.05.2023, https://kunsten.nu/journal/mellem-kontrol-og-kaos/.

Cengiz, Ö., Uluışık, D. ve Kara F. N. (2020). “Çağdaş Sanat Yapıtlarında Fraktal Geometri Etkileri Üzerine Bir Değerlendirme”, *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sonbahar 2020, Sayı Number 26, 563-576, DOI:10.9775.

Çakar, Öner (1992). “Doğanın Güzellik Ölçüsü Altın Oran”, *Bilim ve Teknik*, cilt:25, sayı:297, s.6-11).

Çelikkan, Ş. G. (2018). *Modern ve Postmodern Dönemlerde Soyut Sanat Felsefesi*, İzmir: Mungan Kavram Yayınevi.

Deligeorge, S. (1998). “Hayvanlar Dünyasının Başdöndürücü Şekilleri Sarmal ve Spiralleri”, (Çev. Selçuk Alsan), *Bilim ve Teknik*, sayı: 364.

Evrim Kulesi (t.y.). Elde Edilme Tarihi: 29.04.2023, https://factum-info.net/tr/interesnoe/puteshestviya/1090-bashnya-evolyutsiya-odno-iz-vysochajshikh-spiralevidnykh-neboskrjobov-mira.

Gündüz, D. (1998). “Üçüncü Boyutun sakinleri Çokyüzlüler”, *Bilim ve Teknik*, sayı: 370, s. 26-29).

Gündüz, D. (1998). “Fraktallar Dünyasında Küçük Bir Gezinti”, *Bilim ve Teknik*, sayı: 365, s. 40-43).

Güner, Yusuf Reşat (2016). Üç Yönlü Periyodik Minimal Yüzeyler İle Oluşturulan Bir Tasarım Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, İstanbul.

Haliki, E. (2018). Maddenin Dalga Parçacık İkiliği: Çift Yarık Deneyi ve Varyasyonlar, Elde Edilme Tarihi:14. 06.2021, https://rasyonalist.org/yazi/maddenin-dalga-parcacik-ikiligi-cift-yarik-deneyi-vevaryasyonları.

Hild, E. (2019). Ceramic Sculptures, Elde Edilme Tarihi:17.07.2021, https://evahild.com.

İrhan, Aslı (2013). Matematik ve Geometrinin Heykel Sanatına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.

Koç, S. (1995). "Mathart: Matematiksel Sanat", *Bilim ve Teknik*, sayı: Kasım, s. 44-47.

Koçak, Z. F., İşler N. ve Atmaca, S. P. (2018). Estetik ve Matematik. Elde Edilme Tarihi: 26.07.2021, https://www.docplayer.biz.tr/6634987-Estetik-ve-matematik.html.

Kuantum Mekaniği (t.y.). Elde Edilme Tarihi: 08.06.2021, https://tr.wikipedia.org/wiki/Kuantum_mekaniği.

Kurtuluş, Ö. (1997). "Bir matematikçinin Sihirli Oyuncağı Klein Şişesi", *Bilim ve Teknik*, sayı: Şubat, s. 28-30.

McCurdy, J. (t.y.). Elde Edilme Tarihi: 16.07.2021, https://www.lafontsee.us/jennifer-mccurdy.

Milena, (2013). Fenella Elms Ceramics. Elde Edilme Tarihi:17.07.2021, https://ardesiadesign.blogspot.com/2013/10/fenella-elms-ceramics.html.

Milliyet Emlak (2021). Rotterdam'ın Sıradışı Tasarıma Sahip Evleri: Kübik Evler, Elde Edilme tarihi: 20.04.2023, https://www.milliyet.com.tr/emlak/rotterdamin-siradisi-tasarima-sahip-evleri-kubik-evler-63449.

Mirviss, J.B. (t.y.). Kurokawa Toru, Elde Edilme Tarihi:12.06.2022, https://www.mirviss.com/artists/kurokawa-toru.

Özer, Yıldız (2009). Konstrüktivist Heykelde Boşluk Kavramı, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Özsöylev, H. N.(1998). "Sabun Baloncuklarıyla Deneysel Matematik", *Bilim ve Teknik*, sayı:367.

Serim, M. (2015). 3B Basılan Hareketli Heykeller, Elde Edilme Tarihi: 08.05.2023, https://bigumigu.com/haber/3b-basilan-hareketli-heykeller/.

Toru, K. (2022). Elde Edilme Tarihi:12.06.2022, https://www.instagram.com/kurokawa_toru_/.

Turgut S. ve İpekoğlu Y. (2000). "Kuantum Fiziğinin Garip Söylemleri", *Bilim ve Teknik*, Sayı: Ekim, s.46-49.

Turhan, Kartal (2018). Fraktal Geometrinin İç Mimari Kurguda Kullanımına Yönelik Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı, Ankara.

Segermen H. (t.y.). Hanry Segerman ve Matematik Çalışmaları, Elde Edilme Tarihi: 23.05.2020, https://tr.sciencenetnews.com/henry-segerman-ve-matematiksel-calismalari/.

Yazıcı, Y. E. (2011). "Matematikten Sanata Yansımalar: M.C. Escher", *Sanat ve Tasarım Dergisi*, Cilt: 1 Sayı: 8, 59 – 75.

Görsel Kaynakçası

Ahmet, E. (2008). "Alan Bennet'in Klein Şişesi", Elde Edilme tarihi: 04.09.2021, https://erdemahmet.blogspot.com/2008/09/alan-bennettin-klein-iesi.html.

Akdeniz, F. (2007). *Doğada, Sanatta, Mimaride Altın Oran ve Fibonacci Sayıları*, İzmir: Nobel Kitapevleri.

Atalay, B. (2006). *Matematik ve Mona Lisa Leonardo Da Vinci'nin Sanatı ve Bilimi*, (Çev. Özge Özgür, Kosta Sarıoğlu), İstanbul: Albatros Yayıncılık.

Aydemir, E. (2020). Matematik & Sanat; İlhan Koman. Elde Edilme Tarihi: 11.08.2021, https://funmathfan.com/post/matematik-sanat-ilhan-koman.

Beyoğlu, A. (2016). "Sanat Eğitiminde Altın Oran ve Leonardo da Vinci'nin Eserleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi", *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2016,Cilt:XIII, Sayı:I,360-382, ISSN:1305-2020, http://efdergi.yyu.edu.tr.

Boogaard, M. (2021). Elde Edilme Tarihi: 10.06.2021, https://facebook/ Marga Boogaard/.

Borello M. H. (2008). Mellem kontrol og kaos, https://kunsten.nu/journal/mellem-kontrol-og-kaos/.

Boşluk Doldurma Eğrisi (t.y.). Elde Edilme Tarihi: 20.03.2022, https//:stringfixer.com.

Çağlar, S. (2017). Mobius Şeridi ve Klein Şişesi: Gerçeklik Algımızı Zorlayan İki Nesne, Elde Edilme Tarihi: 25.09.2021, https://www.matematiksel.org/mobius-seridi-klein-sisesi-ve-matematiksel-illuzyon/.

Çakmak, S. (2011). *Evrenin Geometrik Şifresi Altın Oran Kaos Fraktal Simetri*, İstanbul: Grifin Yayınları.

Evrim Kulesi (t.y.). Elde Edilme Tarihi: 29.04.2023, https://factum-info.net/tr/interesnoe/puteshestviya/1090-bashnya-evolyutsiya-odno-iz-vysochajshikh-spiralevidnykh-neboskrjobov-mira.

Güner, Yusuf Reşat (2016). Üç Yönlü Periyodik Minimal Yüzeyler İle Oluşturulan Bir Tasarım Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, İstanbul.

Güner, Y. R. ve Çağdaş, G. (2019). "Biçim Bulma", *JCoDe*, cilt: 1, sayı: 1.

Hild, E. (2019). Ceramic Sculptures, Elde Edilme Tarihi: 17.07.2021, https://evahild.com,

İstanbulsanatevi (t.y.). Maurits Cornelis Escher Sonsuzluk II, Elde Edilme Tarihi: 21.04.2023, https://www.istanbulsanatevi.com/sanatcilar/soyadi-e/escher-mc/mc-escher-sonsuzluk-ii-7001/.

Koç, S. (1995). "Mathart: Matematiksel Sanat", *Bilim ve Teknik*, sayı: Kasım, s. 44-47.

Liputan6.com (2018). Mengapa Burunk Flamingo Berwarna Pink?, Elde Edilme Tarihi: 28.07.2021, https://www.liputan6.com/citizen6/read/3469942/mengapa-burung-flamingo-berwarna-pink-.

Matematiksel (2021). Spiral, Elde Edilme Tarihi: 07.11.2021, https://ms my.facebook.com/matematiksel.org/photos/.

McCurdy, J. (t.y.). Elde edilme Tarihi: 16.07.2021, https://www.lafontsee.us/jennifer-mccurdy.

Milliyet Emlak (2021). Rotterdam'ın Sıradışı Tasarıma Sahip Evleri: Kübik Evler, Elde Edilme Tarihi: 21.04.2023, https://www.milliyet.com.tr/emlak/rotterdamin-siradisi-tasarima-sahip-evleri-kubik-evler-63449.

Milena, (2013). Fenella Elms Ceramics. Elde Edilme Tarihi:17.07.2021 , https://ardesiadesign.blogspot.com/2013/10/fenella-elms-ceramics.html.

Oransay, L. (2006). Doku, Strüktür Ve Tekrar İlkelerinin Seramik Alanında Kullanım Olanakları, Sanatta Yeterlik Tezi Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Segermen H. (t.y.). Hanry Segerman ve Matematik Çalışmaları, Elde Edilme Tarihi: 23.05.2020, https://tr.sciencenetnews.com/henry-segerman-ve-matematiksel-calismalari/.

Serim, M. (2015). 3B Basılan Hareketli Heykeller, Elde Edilen Tarih: 08.05.2023, https://bigumigu.com/haber/3b-basilan-hareketli-heykeller/.

Toru, K. (2022). Elde Edilen Tarih:12.06.2022, https://www.instagram.com/kurokawa_toru_/.

Turhan, Kartal (2018). Fraktal Geometrinin İç Mimari Kurguda Kullanımına Yönelik Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı, Ankara.

https://www.shapeways.com/product.

https://istockphoto.com/arılarpetek.