


Derleme Makalesi

DOĞAL FORMLARIN MİMARİ TASARIM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Hatice ÖNER[†], Burhan SATICI^{††}[†] İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye^{††} İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İstanbul, Türkiye**haticeoner15@gmail.com, bsatici@ticaret.edu.tr** 0009-0006-1870-9351, 0000-0002-8919-6016**Atıf/Citation:** ÖNER, H., SATICI, B., (2024). Doğal Formların Mimari Tasarım Üzerindeki Etkileri, Journal of Technology and Applied Sciences 7(2) s.117-143, DOI: 10.56809/icujtas.1469908

ÖZET

Tasarımın temelinde doğa vardır ilkesi gözetilerek doğal formların mimari tasarım üzerindeki etkilerine baktığımızda birçok etkisinin olduğu ve doğanın barındırdığı çözümler ile tasarımcılara kolaylık sağladığı görülmektedir. Öğretici bir kaynak olan doğa yüzyıllardır insanlık için bir ilham kaynağı niteliği taşımaktadır. Doğanın sahip olduğu sistem, uyum, işlevsellik, estetik ve düzen yapısı, insanların doğayı taklit etmesine ve örnek almasını sağlamıştır. İnsanların doğadaki yapıları birebir kopyalama ile başlaması ve devamında bunu soyutlayarak yaşamsal alanlarına işlemişler. Bu işleyiş sadece form ile sınırlı kalmamaktadır.

Doğada hali hazırda var olan yapılara baktığımızda biçim, strüktür, malzeme ve işleyiş yapısına dahil tüm özellikleri tek bir formda bulmak mümkün. Tasarımcılar ve mimarlar esinlendikleri formla birlikte strüktür yapısını ve canlı/cansız nesnenin işleyiş biçimini de yapıya yansıtarak doğadaki işleyişi insan yapımı yapılara da işlemektedir. Böylelikle yapıların canlı bir organizma gibi işlemesini sağlayarak yapıda doğal havalandırma, aydınlatma, ısıtma/soğutma gibi etkenlerle enerji tasarrufunun yapıldığı ve insan sağlığı üzerindeki pozitif etkilerin arttığı görülmektedir. İnsan ve doğa arasındaki etkileşimin devam etmesini amaçlayan mimarlar, iç mimarlar ve kentsel tasarımcılar doğadaki yapılardan esinlenmektedirler.

Doğadaki işleyiş sistemi yapılara aktarma sistemini benimseyen, literatüre yeni giren kavramlar mevcut olmakta ve bu kavramlar tasarımcılara doğadaki işleyişe yönlendirmektedir. Mimarlık ve biyolojinin ortak çalışmasıyla ortaya çıkan biyognosis, biyonik, organik, biyomorfoloji, biyomimikri gibi birçok terim bulunmakta. Bu kavramlar içerisinde yapılan araştırmayla bağlantılı olduğu düşünülen Biyomimikri, Biyomimesis, Biyofili ve Fraktal Geometri kavramları ele alınmıştır. Doğanın çok geniş ve çeşitli bir yapıya sahip olmasından dolayı yapılan çalışmanın devamında ise doğal yapılar “canlı,” “cansız” ve “canlı organizmalar” kategorilerine ayırarak ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğa, Form, Strüktür, Mimari Tasarım

Geliş/Received	:	17.04.2024
Gözden Geçirme/Revised	:	30.04.2024
Kabul/Accepted	:	21.05.2024

EFFECTS OF NATURAL FORMS ON ARCHITECTURAL DESIGN

ABSTRACT

Considering the principle that nature is the basis of design, when we look at the effects of natural forms on architectural design, it is seen that they have many effects and provide convenience to designers with the solutions provided by nature. Nature, an instructive source, has been a source of inspiration for humanity for centuries. The system, harmony, functionality, aesthetics and order structure of nature have enabled people to imitate nature and take it as an example. People started by copying the structures in nature one-to-one and then abstracted this and incorporated it into their living spaces. This operation is not limited to just the form.

When we look at the structures that already exist in nature, it is possible to find all the features including form, structure, material and functioning structure in a single form. Designers and architects reflect the structure of the structure and the functioning of the living/inanimate object along with the form they are inspired by, and the functioning of nature also works in man-made structures. Thus, by ensuring that the buildings function like a living organism, energy savings are made through factors such as natural ventilation, lighting, heating/cooling, and the positive effects on human health increase. Architects, interior designers and urban designers, who aim to continue the interaction between humans and nature, are inspired by structures in nature.

There are new concepts entering the literature that embrace the system of transferring the functioning system in nature to structures, and these concepts direct designers to the functioning in nature. There are many terms such as biognosis, bionics, organic, biomorphology and biomimicry, which emerged as a result of the joint work of architecture and biology. Among these concepts, the concepts of Biomimicry, Biomimesis, Biophilia and Fractal Geometry, which are thought to be related to the research, were discussed. Since nature has a very wide and diverse structure, natural structures were discussed by dividing them into "living," "non-living" and "living organisms" categories in the continuation of the study.

Keywords: Nature, Form, Structure, Architectural Design

1. GİRİŞ

Her şeyin temelinde olduğu gibi tasarımın temelinde de doğa vardır (Karabetça 2015). Doğa, canlı ve cansız nesnelere tümünü kapsamaktadır ve kendiliğinden var olan bu nesnelere birçok öğretici nitelik barındırarak farklı bilim alanlarında insanlığa yön göstermiştir. Bu bilim alanlarında biri olan mimarlıkta doğadan etkilenecek gelişmiş evrimleşmiş ve halende doğadan öğrenerek gelişmektedir. Mimarlığın başlangıcı olarak kabul edilen doğal mekanlar ve ilk barınma alanları insanların, kendisi gibi doğadan olan nesnelere taklit etmesiyle ondan öğrenmeye başlamasıyla ortaya çıkmıştır. İnsanoğlu doğadan öğrendikleri ile sadece hayatlarının devamı için yapmakla kalmayıp doğanın prensiplerini ve yöntemlerini kullanarak yaşamsal alanlarını iyileştirmiştir. Yerleşik hayata geçmesiyle insanlar, doğanın yaşama uygun üretim sürecini düzenli yapı hiyerarşisini kullanmıştır.

Mimarlık tarihi boyunca doğadaki nesnelere, şekiller ve süreçler ilham kaynağı olarak kullanılmıştır. İnsanlar bu ilham kaynağını ilk barınma alanlarında, hayvanların yuva yapma biçiminden veya doğadaki şekilleri taklit etmeye başlamasıyla doğayı yaşamsal alanlarına yansıtmıştır. Mimaride bu ilhamın belki de en belirgin örneklerini, genellikle hayvan ve bitki dünyasına çok benzeyen veya onları anımsatan süsleme figürleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Tezgör ve Aytin, 2022). Bu süsleme figürlerin ilk örnekleri antik çağda mevcut olup sütun başlıklarında görmek mümkün. Yunan ve Roma çağlarındaki filozoflar, dönemin klasik güzellik ideali olan sütun süslemelerinde ağaç ve bitki formlarından esinlenmişlerdir. Antik Mısır uygarlığında ise kutsal olarak gördükleri lotus bitkisine benzer oranlarda sütunlar inşa edilmiştir (Vorobyeva, 2018). İnsanlar başlangıçta barınma ihtiyacını karşılamak için doğayı taklit ederken daha sonra yaşamsal alanlarını süsleme amacıyla ve en sonda ise doğadan öğrendiklerini tasarımsal bir boyutta yapıya taşımıştır. Mimarlıkta esin kaynağı olan doğadaki yapıları “canlı”, “cansız” ve “canlı organizmalar” olarak üç temel grupta ele alınabilir (Selçuk ve Sorguç, 2007).

Makale, bu üç temel grup çerçevesinde ilerleyerek doğadaki yapıların, yapay yapılara yansıtış biçimlerini ve bilim ile teknolojinin gelişmesiyle birlikte mimari – biyoloji disiplinlerin ortak çalışmasıyla ortaya çıkan yeni kavramlar çerçevesinde gelişmektedir. Bu kavramlar literatüre yeni girmiş olarak nitelendirilse de önceden var olduklarını ve mimari yapılara yansıtışları görülmektedir sadece Biyomimikri, Biyomimesis, Biyofili ve Fraktal Geometri olarak nitelendirilmemişler. Birbirinden farklıymış gibi gözükse de bu kavramlar doğa kökenli olup form, işlev ve strüktür olarak doğadaki işleyişini benimsemektedir.

Tabiattın işleyiş sistemi, doğal yapıların sahip oldukları özellikler, form ve strüktür mimarlık alanına esin kaynağı olmuştur. Çeşitli yapıda oluşu ve içinde barındırdığı sınırsız bilgi ile öğretici nitelikte olan doğa insanların problemlerini kolaylıkla çözme olanağı sunmakta. Bundan dolayı mimarlar ve tasarımcılar doğadan optimize edilmiş bir çözümü elde etmeyi, verimli ve çok işlevli yapıları nasıl elde edeceğini öğrenmiş (Pathak, 2019). Tasarımcılar esinlendiği doğal formla birlikte, yapıya formun sahip olduğu taşıyıcı sistemini ve fonksiyonlarını da aktararak tasarımda eşsizlik ve kolaylık sağlamaktadır. Doğal formla birlikte yapay yapılara aktarılan işleyişler sayesinde yapıda bir dil bütünlüğü sağlanmaktadır.

Tasarımcıların ve mimarların esin kaynağı olan doğadaki formlar olduğu gibi sonuç ürününe aktarılmaz. Öncelikle esin kaynağı olan nesne, form, işlev, biçim, strüktür ve malzeme bakımından detaylıca incelenir ve tasarım süzgecinden geçirilerek sonuç ürününe dönüştürülür. Form, tasarıma birebir aktarılmayıp soyutlama yöntemiyle aktarılmaktadır fakat beynimiz formların ve örüntülerin canlı olmadığını bilse de onların yaşamın sembolüğü olarak algılanmaktadır. İnsan beyninin böyle algılamasından dolayı doğal formların kullanıldığı bir mekânda, insanın kendini huzurlu ve iyi hissetmesi amaçlanır (Tezgör ve Aytin, 2022).

2. DOĞANIN TANIMI VE DOĞA İNSAN İLİŞKİSİ

Doğa, “Var olan her şeyin canlı ve nesnelerin tümü” veya “Bilincin dışında kendiliğinden var olanların tümü” olarak tanımlanır (Güler, 2000). Whitehead göre “Doğa, birbirleri ile etkileşim içerisinde olan örgütler bütünüdür” ve sürekli bir dönüşüm ve gelişim içerisinde olduğunu da ifade etmektedir. Değişim içinde olan doğa sonsuz bir şekilde kendini gösterir, hatta tarih boyunca da doğa hep bir gelişim ve değişim içerisinde olmuştur (Tavşan ve Çelenk, 2021).

Doğa ve insanı birbirinden ayrı olarak tanımlamak biraz güçtür çünkü doğa, insan yaşamını etkileyen bir unsurdur. Ayrıca insan doğanın bir parçası mı yoksa doğanın dışında mı tartışma konularından biridir.

Doğa, insanı ve diğer canlıları içerisinde barındıran birincil bir mekân olarak kabul edilebilir. İnsan mekân oluşturma ihtiyacını ilk başta doğal alanlardan karşılarken daha sonra doğayı öğrenme, taklit etme ve doğaya yaklaşım biçimi mimariyi etkileyen bir unsur olmuştur. Şekil 1’de a) görselinde yer alan Hilar mağarası insanların barınma ihtiyacını karşıladığı doğadaki yaşam alanlarına örnek olarak verilmiştir ve şekil 1 b) görselinde ise mağaradaki yaşam biçimi yansıtılmıştır. Sonuçta insan ve doğa arasındaki ilişki, mimari ve doğa arasındaki ilişkiyi belirleyen önemli bir unsur olarak değerlendirilebilir (Beyaztaş, 2012).

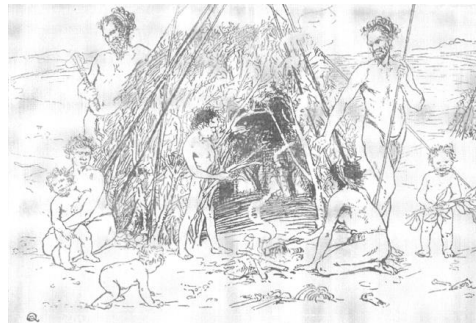


Şekil 1. a) Çayönü, Hilar Mağaraları (Özkan ve Yağcı, 2021)

b) Mağarada Günlük Hayat (Arslantaş, 2014)

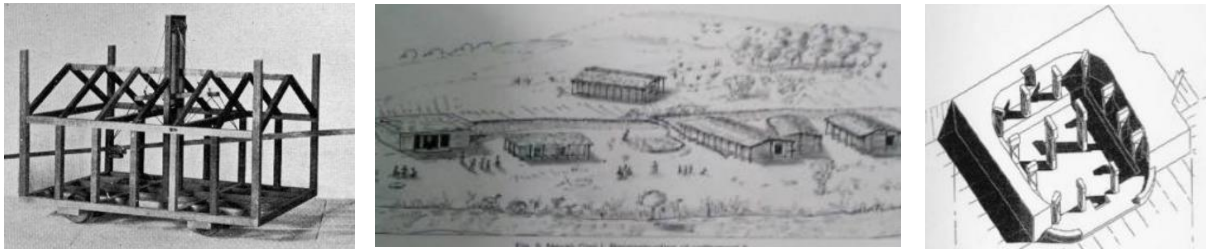
3. DOĞADAN MİMARLIĞA GEÇİŞTE FORM ETKİLERİ

İlk çağlarda insanların yaşam alanları ormanlar, mağaralar ve korular olmuştur. Ateşin keşfi ile birlikte insanlar, bir araya gelerek sosyal ilişkilerinin artmasıyla toplu yaşamaya başlamışlar. Bir arada yaşamaya başlayan insanlar, dağ yamaçlarına mağaralar kazarak sığınaklar oluşturmuşlar. Bazıları ise çamur ve dallardan kırlangıç yuvaları gibi sığınaklar inşa ederek yaşam alanlarını biçimlendirmişler. Şekil 2 de yer alan kuş yuvası ve insanların benzer barınma alanlarını inşa etmesine dair örnekler mevcuttur. Doğayı ve birbirlerini gözlemleyerek kendi sığınak alanlarını geliştirip yeni ayrıntılar ekleyerek daha iyi kulübelere inşa etmişler (Vitruvius, Mimarlık Üzerine On Kitap).



Şekil 2. a) Kuş Yuvası (Selçuk ve Sorguç, 2007)
b) Geçici ve Basit Bir Barınak Çizimi (Arslantaş, 2014)
c) Geçici Barınma Alanı (Selçuk ve Sorguç, 2007).

Yerleşik hayata geçmeye başlayan insanoğlu her geçen gün uzmanlaşarak ilerleme kaydetmiştir, geçici kulübeleri bırakarak temelleri olan evler inşa etmeye başlamışlar. Ayrıca yaşadığı doğayı öğrenerek ilerlediği için çevredeki malzemelerle doğanın yaşam koşullarına uygun inşaatlar yapmışlar. Örneğin ormanları bol olan Pontus bölgesinde insanlar keresteler kullanarak yapıları inşa ederlermiş. İnşa ettikleri yapıları da doğadaki yaşam koşullarına uyumlu olarak yağmur ve kar sularından korunmak amacıyla çatılarını kaplumbağa sırtı biçiminde tasarlamışlar. Şekil 3'te yer alan a) Hegetor'un Kaplumbağası, yapıların kaplumbağa benzetilerek inşa edilme biçimine ithafen gösterilmiştir. Şekil 3. b) Şanlıurfa'da bulunan Nevali Çori, M.Ö. 8000-8600'e tarihlenen bir yerleşim yeridir buradaki yapı biçimi kaplumbağa tarzı olarak nitelendirilebilir ve bu yapılar Anadolu'nun geleneksel köy evlerinin ilk prototipini ortaya çıkartmıştır. Frigler ise ağaçların ve kerestelerin olmadığı bir bölgede olduğundan yaşam alanlarını tepe noktaların olduğu kısımları seçerlermiş. Bu tepelere üstten giriş yapılacak şekilde iç alanını oyarak yaşamsal alanlarını oluşturmuşlar. Böylelikle yazın serin kışın ise sıcak mekânlar olarak bu alanları kullanmışlardır Şekil 3'te c) gösterilen Nevali Çori'deki Kült yapı kütsel ve anıtsal olup, çoğu zeminden aşağıda açılan bir çukur içine taş temellerle inşa edilmiştir, burada Frigler'in yaşam biçimine örnek olarak gösterilmiştir. (Vitruvius, Mimarlık Üzerine On Kitap).

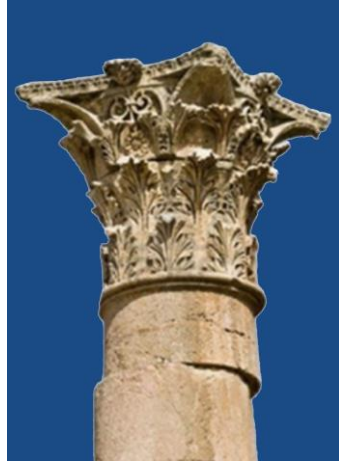


Şekil 3. a) Hegetor'un Kaplumbağası (Vitruvius, Mimarlık Üzerine On kitap)
b) Anadolu'nun Geleneksel Köy Evlerinin İlk Prototipi (Öztürk ve Şimşek, 2019).
c) Nevali Çori, Kült Yapı (Öztürk ve Şimşek, 2019).

Doğadan öğrendiklerini sürekli geliştirip ve üzerine ekleyerek ilerleyen insanlar, ihtiyaç duyduğu alanları oluşturmakla kalmayıp doğadaki desenleri, süsleme figürü olarak yapılarında kullanmıştır. Antik çağda çokça karşılaştığımız Yunan, Roma ve Mısır sütun başlıklarındaki desenler doğadan ilham alınan hayvan ve bitki figürlerinden oluşmaktadır. Şekil 4'te yer alan Korint sütun başlığında kullanılan bitki figürleri detaylı olarak gösterilmiştir. Başlangıçta doğayı taklit eden insanlar daha sonrasında doğadan öykünerek özgün tasarımlar oluşturmuşlardır.



Şekil 4. Korint Sütun Başlığındaki Bölümler (Öcal, 2007)



Şekil 5. a) Akantus Yapağı (Demir, 2019)

b) M.S. 126' da Romada İnşa Edilen Pantheon'daki Korint Sütun Başlığı (Rian ve Sassone, 2014)

c) M.Ö 16'da İnşa Edilen Maison Carree'nin Sütun Başlıkları ve Frizlerindeki Bitkisel Süslemeler (Rian ve Sassone, 2014)

Tasarım parametrelerinde, doğal formlar ve örüntüler özgün tasarımlar oluşturmada yardımcı olmaktadır. Doğada, form ve yaşam iç içe geçmiş iki birleşendir. Bu birleşenler hayvanlar, bitkiler, gibi canlı biyolojik formda ya da dağlar, dalgalar, kum ve tepeler gibi topolojik formun bir yansıması olabilir. Doğadan esinlenen form olduğu gibi yapıya aktarılmadan önce mimarlar ve tasarımcılar; biçim, işlev, strüktür, malzeme ve sistem olarak inceledikten sonra analogi yöntemiyle farklı bir ürün olarak yorumlarlar (Tezgör ve Aytin, 2022).

Doğadaki formlar farklı boyutta tasarımsal bir ürüne dönüştürülse bile insan beyni onu doğadan alınan bir form olarak algılamaktadır. Şekil 6.'da Treepood projesinde ağaç formundan esinlenmesi gibi. Bundan dolayı bu tür tasarımsal yapılar, insan ve doğa ilişkisini devam etmesini sağlamakta ve insanların daha huzurlu mekanlarda veya stresin azaltıcı etkisi olan yapılarda yaşaması amaçlanmaktadır. Birçok etkeni bir arada barındıran doğadaki formlar tasarımcılara ve mimarlara sorunların çözümünde kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 6. Treepood Projesi Boston (Gülle, 2017)

4. MİMARİ TASARIMDA DOĞANIN KAVRAMLARI

Biomimesis, biyognosis, biyonik, organik, biyomorfoloji, biyomimikri gibi birçok terim 21. yüzyılın başlarına gelene kadar mimarlıkla ilişkisi olmadığı halde, teknolojinin gelişmesi ve mimarlık- biyoloji ilişkisinin artmasıyla mimari tasarımın literatürüne giren kavramlardır. Kökleri modern biyolojiye dayalı bu kavramların, doğa ve tasarım ilişkisi biçimlerini tanımlamaya yönelik günümüze ait yeni söylemler olduğu dile getirmek mümkündür (Demirci, 2019). Her ne kadar bu kavramlar yeni olarak nitelendirilse de geçmişte doğa kelimesi adı altında var olduklarını ve mimari yapılara yansımalarını gözlemlemek mümkün. Biyomimetik tasarımın kökleri tabiatın incelenmesi ve gözlemlenmesine dayanmaktadır. Bu kavram yeni olmamakla birlikte teknoloji, biyoloji, doğal olayları anlayabildiğimiz, soyutlayabildiğimiz ve yeniden formüle edebildiğimiz için gelişmiştir (Uç ve Oğurlu, 2023)

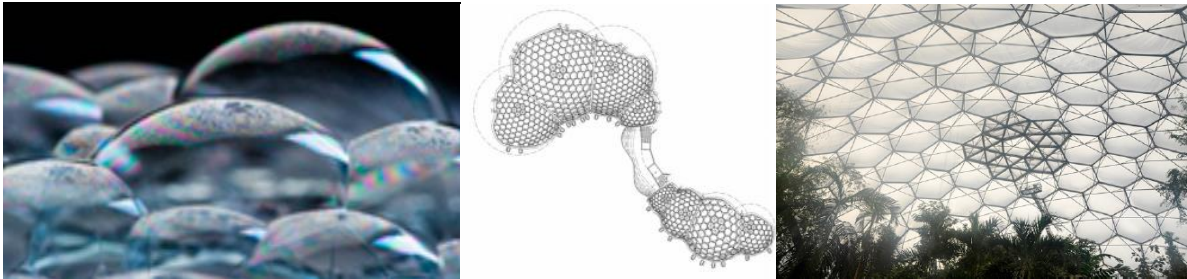
Bahsedilen bu kavramlar çerçevesinde gelişen ve aynı dönem içerisinde literatüre dahil olan; metabolist mimarlık, dijital botanik mimarlık, nano mimarlık, genetik mimarlık, morfogenesis gibi farklı ama birbiriyle ilişkili pek çok tasarım yaklaşımı bulunmaktadır (Demirci, 2019). Bu çerçeve kapsamında yapılan araştırmalarda makalenin gidişatı ile bağlantılı olan Biyomimikri, Biyomimesis, Biyofili ve Fraktal Geometri kavramları detaylı olarak anlatılmaktadır.

4.1.1. Biyomimikri

Biyomimikri; yaşam anlamına gelen bios ve taklit etmek anlamına gelen mimesis' ten oluşur kelime anlamı olarak; "yaşamı taklit etmek" anlamına gelir (Pathak, 2019). Biyomimikri taklit olarak formun kopyalanması veya dokunun birebir uygulanması demek değildir. Burada amaç işlevsel olarak yararlı olan bir dokunun, rengin veya formun yapıya da aynı avantajı verebilecek şekilde uygulanması için yenilikçi bir çözüm arayışıdır (Uçar, 2019). Bu yaklaşım biçimi mimaride bir tasarım stratejisi olarak kullanılması tasarımcıların doğadaki fikirlerin, süreçlerini ve yapısını inceleyip insanların ihtiyaçları doğrultusunda çözüm bulan yeni bir bilimdir (Karabetça, 2015).

Bu alanda tasarlanan bir binada form olarak doğadan örnek alınıp uygulanırsa bile fonksiyonel olarak da biyomimikri olabilmesi için enerji ihtiyacını en aza indirmesi, sürdürülebilir ilkelerine sahip olması ve doğadaki işleyişin binaya uygulanması ile sağlanmaktadır. Binalarda çevreye verilen zararlı emisyonların ve karbon ayak izinin azaltmanın biyomimikri ile mümkün olabileceğini ve enerji tasarrufun sağlanacağı gözlemlenmektedir (Uçar, 2019).

Birleşik Krallık Cornwall bölgesinde inşa edilen Eden projesi (mimar Nicholas Grimshaw, yapılan yıl 2001) en büyük sera olarak bilinmektedir. Bilindiği üzere seralarda en çok ihtiyaç duyulan bol miktarda güneş ışığının alınması ve enerji tasarrufun sağlanmasıdır. Tasarım ekibi tarafında bunlar gözetilerek Eden projesinde sabun köpüğü olan baloncuklardan esinlenilerek form oluşturulmuştur. Bulunan form çok uygun olsa da taşıyıcı sistemi hakkında bazı sorunlar yaşayan tasarım ekibi; doğadaki yapısal organizmalar, karbon molekülleri ve tek hücreli canlılar üzerinde yapmış olduğu geniş araştırmalar sonucunda, küresel yapının formunu beşgen ve altıgenlerle jeodezik düzenlemeler yaparak çözmüşlerdir. Projede daha az çelik kullanılarak şeffaf hale getirilen bu sistem sayesinde istenilen güneç ışığı miktarı ve ısının elde edilmesi çok daha kolay olmuştur (Karabetça, 2015).



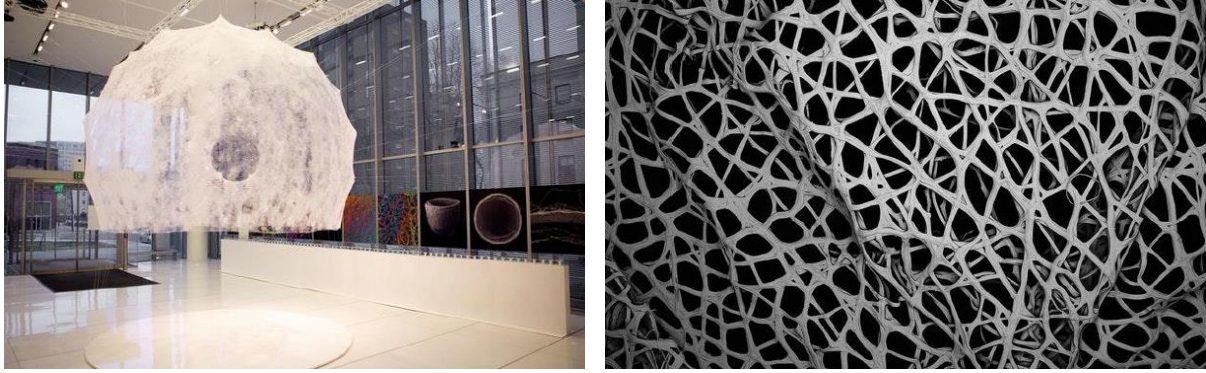
Şekil 7. a) Sabun Baloncukları
b) Eden Projesi, Jeodezik Kubbeler
c) Eden Projesi İç Görüntüsü (Karabetça, 2015).

4.2. Biyomimesis

Mimarlık alanında esinlenme biçimi Vitruvis'tan 20. yüzyılın ortalarına kadar daha çok biçimsel analogiler şeklinde olmuştur. Metaforik ve biçimsel analogiler olarak gruplandırılan ve mimarlıkta biyomorfik tasarım olarak adlandırılan bu benzeşme ve benzeşme türü 20. yüzyılın sonunda biyomimesis kavramı ile içeriksel olarak değişime uğramıştır (Demirci, 2019). Biyomimesis kavramı, biyomikri ve biyoniks gibi kavramlarla literatürde iç içe kullanıldığı görülür. Doğayla uyum içinde olan ve ondan öğrenerek çözüm ürünleri üreten bu bilim dalı, doğanın işleyiş sistemini vurgulayarak tasarımcıları bu alana yönlendirmektedir (Gülle, 2017).

Her alan için farklı öngörülerini mevcut olan biyomimesis, Benyus ve Koelman'a göre mimarlıkta üç temel uygulama alanı bulunabilir. Bu temel uygulamalardan birincisi; sağlam nitelikte olan, kendini onaran ve kendiliğinden birleşen malzemelerin geliştirilmesinde. İkinci olarak yapılarda doğal süreci kullanarak iklimlendirme sağlamasında. Son madde ise atıkların tekrardan kullanılmasına olanak sağlayarak, enerjiyi koruyan ve yenilenebilir kaynak üretimini sağlayan doğa tabanlı bir alandır (Selçuk ve Sorguç, 2007).

Doğal kaynakların tüketmeden yeni malzeme üretmek sürdürülebilir bir yaklaşımla oluşturulan Silk Pavilion I projesi oluşturulmuştur. Bu proje biyoloji ve teknolojinin ortak çalışmasıyla geleceğe yönelik bir çalışmadır. Silk Pavilion I projesi canlı ipek böceklerinden bir yapı tasarımının nasıl bir süreçten geçtiğini araştırmıştır. İpek böceğin davranışı, izlediği yol ve ördüğü ipek ile malzeme ve tasarım sürecine yönelik bilgiler vermektedir. Bu projede Benyus ve Koelman'ın mimarlıkta belirlediği üç temel uygulama alanı görülmektedir (Tavşan ve Çelenk, 2021).

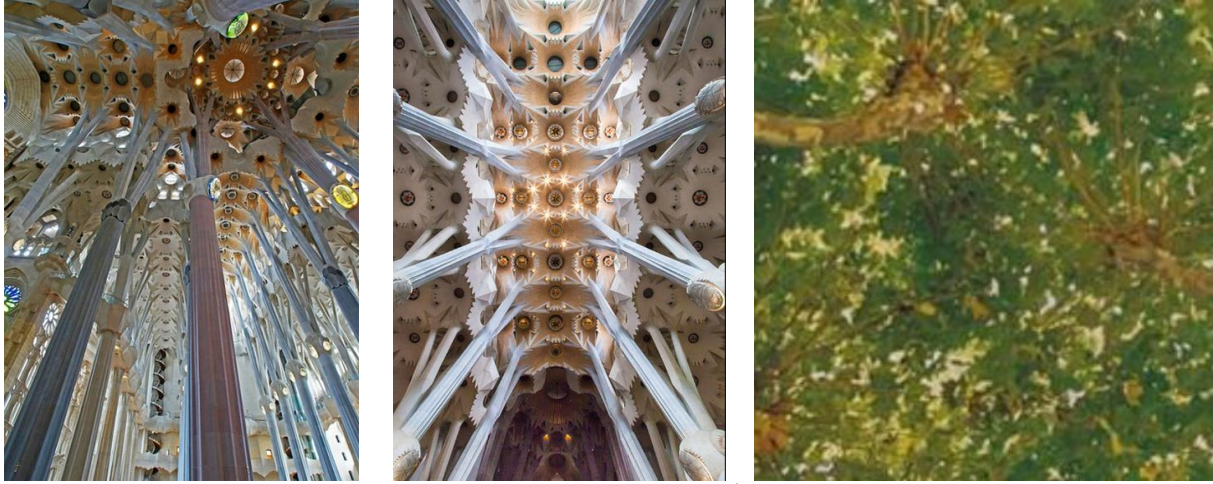


Şekil 8. Silk Pavilion I İpek böceğinin eğirme davranışı (Tavşan ve Çelenk, 2021).

4.3. Biyofili

1964 yılında Erick Fromm'un "Biyofili hayatın ve canlı olan her şeyin tutkulu aşkıdır" tanımlamasıyla ortaya çıkmıştır. Bu terim bir mimari tasarım modelidir. Bu tasarımın amacı insan sağlığını ve refahını artıracak olumlu deneyimlerle dolu alanlar inşa etmektir. Biyofilik tasarım In Biophilic Desing: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life kitabına göre biyofilik tasarımın iki temel boyutu vardır. İlk boyut şekilleri ve formları temsil eden organik ve natüralist boyuttur. İkinci boyut yerel çevrenin kültürü ve ekolojisine bağlı binaları ve peyzajları temsil eden yerel boyuttur. Bu boyutlar daha sonra altı biyofilik tasarım ögesiyle ilişkilendirilmiştir. Bunlar çevresel özellikler, doğal şekiller ve formlar, doğal desenler ve süreçler, ışık ve mekân, yer temelli ilişkiler ve evrimleşmiş insan doğa ilişkileri biyofilik tasarımın ana öğelerindedir (Tezgör ve Aytin, 2022).

Biyofili kavramından gelişen biyofilik tasarım, doğadaki yaşamı kentsel yaşama entegre ederek insan ve doğa ilişkisinin devam etmesi amacıyla hayatımıza girmiştir. Günümüzde mimar, iç mimar, peyzaj mimarı ve kentsel tasarımcılar biyofilik anlayışı doğrultusunda yaptıkları tasarımlarla insanlara doğayla iç içe, huzurlu bir şekilde barınma ve yaşam ortamı sağlamaktadır. Bu tasarım parametrelerinden olan biyomorfik formlar ve örüntülerden esinlenen tasarımcılar doğadan aldıkları biçimleri taklit ederek nesnelere yeniden farklı bir ürün üzerinden yorumlamasını sağlarlar (Tezgör ve Aytin, 2022). Buna Antonio Gaudi'nin La Sagrada Familia Bazilikası'nda yaptığı tasarım örnek olarak verilebilir. Gaudi, tasarımında çınar ağaçların yapraklarında sızan güneş ışınlarının görüntüsünü baz alarak yapıya yansıtmıştır ve ziyaretçilere ormanda yürüyormuş hissini vermeyi hedeflemiştir (Selçuk ve Sorguç 2007).



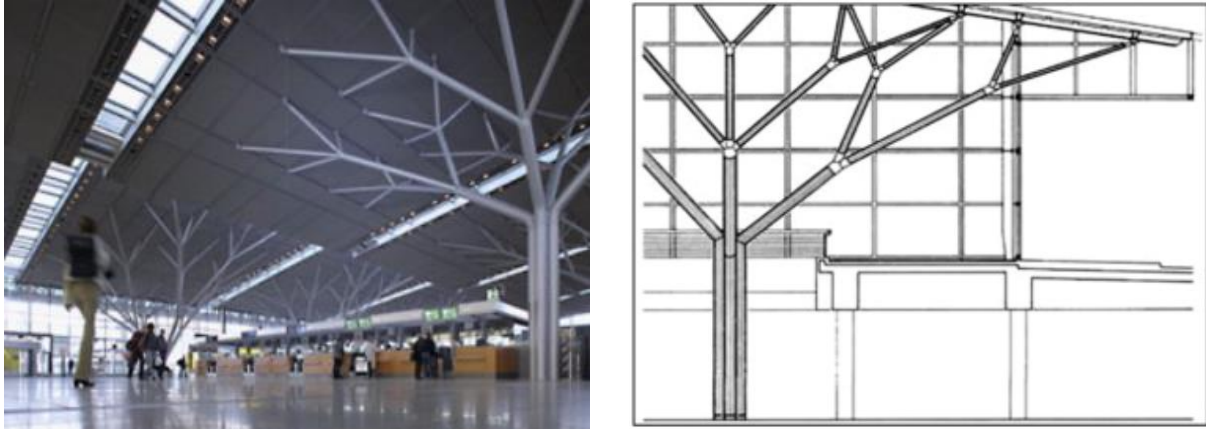
Şekil 9. a) La Sagrada Familia Bazilikası İç Mekân (URL 1)
b) La Sagrada Familia Bazilikası Tavan Detayı (URL1)
c) Antonia Gaudi'nin esinlendiği ağaç yapraklarının örüntüsü (Tezgör ve Aytin, 2022)

4.4. Fraktal Geometri

Fraktal geometrinin en önemli açılımı, kaos düzenini ortaya koymasındır ve en önemli özelliği sınırsız bir şekilde ayrıntı sunmasıdır. Her ayrıntı tekrar olmayacak şekilde kendine benzeme niteliği taşımaktadır (Değirmenci, 2009). Öklid olmayan, kendine benzeyen, kopyalanan, farklılaşan ve dinamik form kullanılarak mimaride doğanın form ilkelerinin derinlemesine anlaşılmasını sağlar (İbrahim, 2015). Bu terim 1970'lerde bilim literatüre girmiş olsa da gotik katedrallerinde detayların kendini tekrarladığını ve önceki yıllara dayanan bir kullanım olduğu görülmektedir.

Fraktal geometri kavramı, doğanın formları olan, Öklid dışı düzensiz geometrileri olan, dağlar, kıyıları, bulutlar ve ağaçlar gibi karmaşık ve doğrusal olmayan nesnelere, fraktal kavramı ile açıklamak mümkündür. Yapılan araştırmalarda ağaç örneği incelendiğinde, ağacın fraktal benzeri dallanan yapısı sayesinde dar bir alanın geniş yüzeyleri taşıma kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Ağacın dallanan yapısının strüktürel etkinliği Otto'nun deneysel çalışmalarından sonra fark edilmiştir. Otto, ağaçların fraktal yapısının strüktür kullanımları için çözümlenme yöntemi ortaya koymuştur. Bu tarz yöntemler tasarımcılara ilham vermiş ve onlara doğanın karmaşık yapılarını anlama ve kendi tasarımlarının verimliliğini artırmada yol gösterici olmuştur (Gülle, 2017). Bu sayede tasarımcılar geniş açıklı yapılar oluşturma olanağı sağlanmıştır.

Ağaç metaforundan esinlenilerek 1992 yılında Stuttgart havaalanı tasarlanmıştır. Havaalanının tasarımında; dört ayrı çelik elamanın adeta tabandan bir gövde olarak filizleniyor ve daha ve sonrasında her biri ayrı bir gövdeye dönüşüyor ve en son olarak dallanan her gövde kendine benzerlik ve yinelemenin fraktal karakterlerini takip ederek başka dört kola ayrılıyor. Ağaç dallanması gibi olan tasarımda kolon gövdesinin ve her bir dallanma elemanın kesit çapı, sabit bir gerilim elde etmek için yukarıya doğru kademeli olarak azaltılmıştır (Rian ve Sassone, 2014).



Şekil 10. a) Stuttgart Havaalanı Terminalindeki Yapısal Ağaçlar
b) Stuttgart Havaalanı Şematik Form Diyagramı (Rian ve Sassone, 2014)

5. DOĞADAKİ “CANLI”, “CANSIZ” ve “CANLI ORGANİZMALARIN” MİMARİYE ENTEGRE EDİLİŞ BİÇİMLERİ

İnsan var olduğundan beridir çevresini keşfetme ve ondan öğrenme eğiliminde olmuştur. Doğayı gözlemleyerek, öğrenerek, taklit ederek ve yorumlayarak ihtiyaçlarını karşılama veya yaşam koşullarını iyileştirerek ilerlemeye çalışmıştır. Dolayısıyla insan yapımı yapılar ile doğa yapımı yapılar arasında benzerlik bulunmaktadır (Arslan ve Sorguç, 2004).

İlk barınak yapımlarından, antik çağlardaki yapılarda ve günümüzün teknolojik özelliklerine sahip binalar kadar pek çok mimari yapıda doğanın etkisi görülmektedir. Doğanın biçim, form, strüktür gibi konularda mimariye yansımaları; canlı, cansız ve canlı organizmalar olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır. Doğadaki bir diğer yapıların sınıflandırılması ise yük taşıma kapasiteleri ile ilgilidir bunlarda tek boyutlu (lifler, kıllar, sinirler), iki boyutlu (Hücre zarları, örümcek ağı veya kabuk) üç boyutlu (ağaçlar iskelete sistemi doğadaki çoğu yapı üç boyutludur) olarak sınıflandırılır. Mimaride kullanılan form ve strüktür; doğadaki yapılara benzer kuvvet ve yüklere dayanırılmasıyla bu kategorilerden birine girmektedir (Arslan ve Sorguç, 2004).

5.1. Doğadaki Canlı Çeşitlerin Mimariye Yansıması

Doğa çok çeşitli yapıları içermektedir, hayvanlar bitkiler ve mikroorganizmalar doğada bulunan canlı yapılardır. Yaşam süreleri kısa olan bu varlıklar cansız tabiatla karşılaştırıldığında hareketli değişken ve çok çeşitli olmaktadır.

5.1.1 Bitkiler ve Canlı Organizmalar Kategorisi

Mimaride ağaç ve bitki gibi formlar ilk olarak süsleme amaçlı kullanılmıştır. Bitki benzeri formların tarihte ilk ne zaman kullanıldığı tam olarak bilinmese de antik çağda Mısır mimarisinde ağaç ve bitki formunun kullanıldığı Luksor Tapınağı (M.Ö.1400) ilk örneklerden biridir. Tasarımcılar 1900'lerin ortalarına kadar ağacın karmaşık yapısal oluşumunu basit Öklid veya karmaşık geometriler olarak izole etmişlerdir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte mimarlar ağaçların ve bitkilerin karmaşık form yapılarını soyutlayarak tasarımlar yapmaya başlamışlar (Selçuk ve ark., 2022).

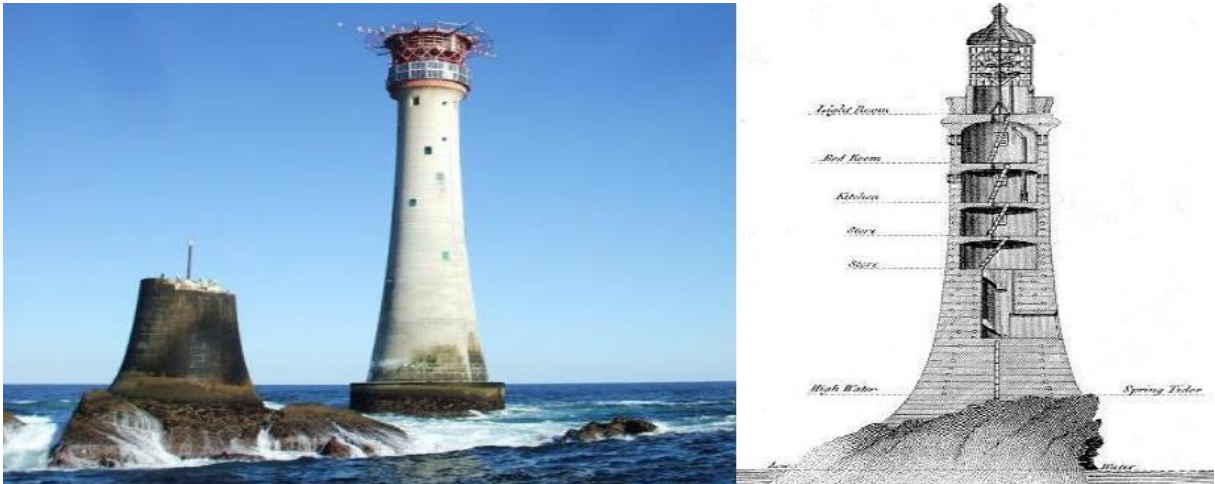


Şekil 11. Mısır Luksor Tapınağı papirüs bitki deseninden esinlenilen sütunlar (Gülle, 2017)

5.1.1.1 Ağaçların Mimariye Yasıma Biçimi

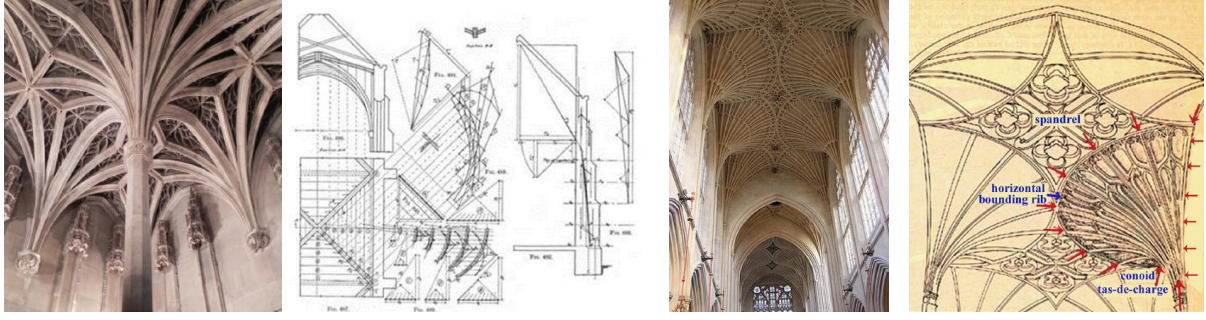
Doğal yapılaşmalar arasında tasarımcıların dikkatini çeken ve ona esin kaynağı olan ağaç modeli, mimarlık tarihi boyunca sıklıkla ilham kaynağı olmuştur. Süsleme modeli olarak kullanılan ağaç ve dallanma motifleri bunun ötesine geçerek yük iletme problemi yaşayan mimarlara ve tasarımcılara strüktürel alanda esin kaynağı olmuştur (Gülle, 2017).

Tasarımcılar, ağacın kök, gövde, dallar ve yaprakların yük dağılımında görülen sistemi kendi yapılarındaki taşıyıcı sistemler için kullanmışlardır. John Smeaton sert rüzgarlara ve dalgalara karşı dayanıklı bir biçimde tasarladığı Eddystone Deniz Feneri (1759) formunu çınar ağacının dayanıklı yapısından esinlenerek oluşturmuştur.



Şekil 12. John Smeaton Eddystone Deniz Feneri -1759 (Gülle 2017).

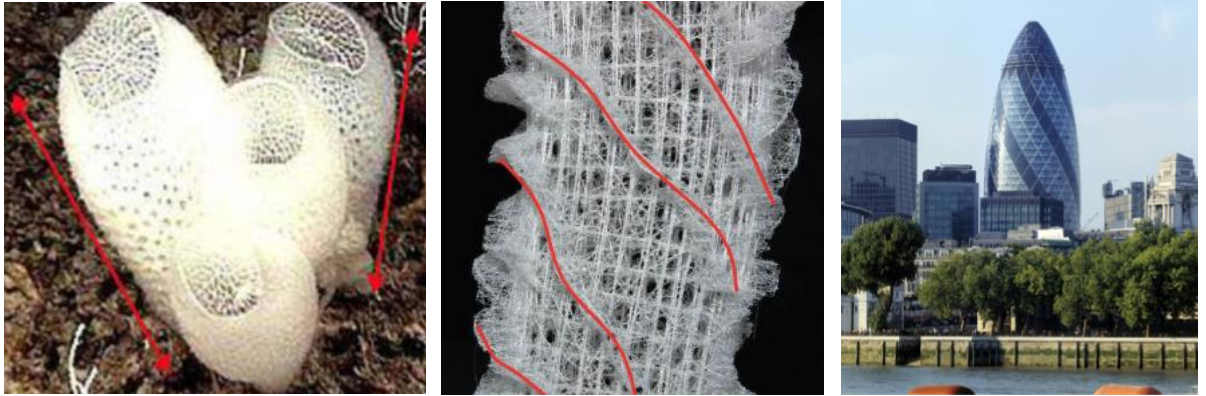
Gaudi kilise ve katedrallerde dallanmış ağaç gövdesine benzeyen sütunları yapılarında kullanmıştır. Kullandığı bu sistem eğimli ve spiral ayakların yanı sıra kavisli, hiperbolik ve parabolik kemer ve tonozları kullanarak, iç veya dış desteğe ihtiyaç duymadan ağaçlar gibi dik duran sağlam yapılar yapmıştır (Selçuk ve ark., 2022). Modern mimarlığın öncüsü Frank Lloyd Wright yazılarında ve tasarımlarında sıklıkla ağaç dallarından ilham alarak sütunlarda kullanmıştır. Bu sayede Wright “biçim ve işlev bir bütündür” sözü kanıtlanmıştır. Günümüzdeki yapılarda ise ağaçlardan ilham alınarak üç boyutlu destekleme sistemleri olarak kullanılmaktadır.



Şekil 13. a) Gotik kaburgalı tonoz
 b) Tonozun örgüsü şeritlere ayrılarak 2d olarak incelenmiş
 c) King's College Kilisesi ve yelpaze tonozu d) Gerilimleri gösteren şematik diyagram (Rian ve Sassone, 2014).

5.1.1.2 Venüs'ün Çiçek Sepeti Süngeri Mimariye Yansıma Biçimi

Bu canlının iskelet sistemi karmaşık bir yapıya sahiptir. Açık ve kapalı olan simetrik boşluklu hücresel bir yapısı bulunmaktadır. İskelet sisteminde barındırdığı ince lifler, organik materyalleri oluşturan silindirik yapı ve silis seramiği bulunmaktadır. Yapısından dolayı bu deniz süngerinde kırılmalar ya da bükülmeler meydana gelmez (Öykünç ve Yıldızdağ, 2022). Bu yapıdaki deniz süngeri su altında cam gibi parlak bir özelliğe sahiptir. Ayrıca yuvarlak şekli güçlü su akıntılarına bağlı kuvvetleri azaltmaktadır. Norman Foster, St Mary Axe kulesinde Venüs çiçek sepeti süngerinden esinlenerek tasarlamıştır. Foster bu çiçeğin form özelliklerini ve strüktürel dayanıklılığını kuleye yansıtmıştır (G. Yeler ve S. Yeler, 2017).



Şekil 14. a) Venüs Çiçeği Sepeti Süngeri (G. Yeler ve S. Yeler, 2017)
 b) Venüs Çiçek Sepeti'nin silindirik iskeletini saran dış spiraller (Öykünç ve Yıldızdağ 2022)
 c) Norman Foster, St Mary Axe Kulesi (URL2).

5.1.1.3 Durian Bitkisinin Mimariye Yansıma Biçimi

Durian bitkisi; dikenli ve çok katmanlı bir yapıya sahiptir. Bitkinin çok katmanlı ve yarı sert kabuğu içerideki tohumları koruma özelliği bulunmaktadır, bu bitkinin kabuk özelliğinden esinlenilerek The Esplanade tiyatro binası tasarlanmıştır. Dp Architects ve Michael Wilford tarafından Singapur'da tasarlanan tiyatro binası; durian bitkisinin kabuk yapısına benzer şekilde çok katmanlı olarak tasarlanıp gölgelendirme sistemi oluşturulmuştur. Böylelikle iç mekânın aşırı ısınmasına engelleyerek içeriye doğal ışığının alınması sağlanılmıştır.



Şekil 15. a) Durian Bitkisi (Karataş, 2020)
b) The Esplanede Tiyatro Binası Cephesi (Karataş, 2020)
c) The Esplanede Tiyatro Binası Yakından Görünümü (URL 3)

5.1.2 İnsan Bedenin Mimariye Yansıma Biçimi

İnsan bedeninin dinamikleri ve statikleri yapı tasarımı için model olarak görülebilir. Vitruvius; insan bedeninin sahip olduğu simetri ve orantıyı doğal düzenin bir yansıması olarak nitelemektedir. Özellikle simetri ve orantı yöntemi antik dönem tapınaklarında kullanılmış ve tapınakların uzun süreli yapılar olması için bu yöntemle dikkat edilmiştir. Antik dönem mimarisinde insan bedeninin kullanıldığına dair birçok örnek mevcuttur. Bunlar Agora'daki Kolossus ve Atina'da Akropolis'teki Erechtheum'dur. Bu yapılarda sütunların yerine Karyatid adı verilen başlarında pervaz ve damlalık bulunan mermerden yapılmış uzun cüppeli kadın heykelleri kullanılmıştır.



Şekil 16. a) Atina'daki Erechtheum'un Karyatid heykelleri
b) Delphide'deki Knidosluların Hazinesinden Karyatid Heykelleri
c) Şimdiki Roma'da Villa Albani'de Karyatid Heykelleri (Vitruvius -Mimarlık Üzerine On Kitap)

İnsan bedeni, mimari veya mimari parçaların sembolik bir modeli ve kopyası olarak kabul edilmiştir. Beden, ölçüler, sayılar, oranlar ve geometrik şekillerin yardımıyla metaforik bir şekilde aktarılmıştır. Yapılarında insan bedeninde ilham alan Santiago Calatrava, İspanya’da büyük bir sinema planetaryumu olarak inşa edilen L’Hemisferic (1996-1998) yapısını insan gözünden ilham alınarak tasarlamıştır. Calatrava, planetaryum küresini gözün irisi olarak tasarlamış ve hidrolik kaldırma kullanarak çelik ve cam panjuru açılıp kapanabilir bir biçimde oluşturmuştur. Yapının açılıp kapanan kısmı ise göz kapağı olarak düşünülmüş (Gosciniak ve Januszkiewicz, 2018).



Şekil 17. a) Santiago Calatrava L’Hemisferic eskiz çalışması (Gosciniak ve Januszkiewicz, 2018)
b) L’Hemisferic Binası (URL4).

5.1.3 Hayvanlar Kategorisinin Mimariye Yansıma Biçimi

Hayvanların çok çeşitli oluşu ve hepsinin sahip olduğu sistemin birbirinden farklı olmasından dolayı tasarımcıların ilham aldığı bir diğer nokta olmuştur. Tasarımcılar, hayvanların derileri, kabukları, iskelet sistemi ve inşa ettikleri yaşamsal alanları gibi birçok özelliklerinden esinlenmiştir. Hayvanların sahip oldukları bu özellikler form açısından çeşitlilik sağlamakla birlikte formun kendi içerisinde barındırdığı taşıyıcı sistemi sayesinde tasarımcılara kolaylık sağlamaktadır.

Çeşitli özelliklerinden dolayı hayvanlardan esinlenilerek yapılan birçok tasarım mevcuttur. Bunlardan biriside Nicholas Grimshaw&Partners tarafından tasarlanan Waterloo uluslararası terminalidir. Pangolin’in esnek cildinden öykünerek tasarlanan terminal binasında cam paneller pangolin’in yapısındaki gibi parçalar halinde sabitlenerek oluşturulmuştur. Bu sayede trenlerin giriş ve çıkışlarında kaynaklanan hava basıncındaki değişiklik binaya zarar vermesi ve cam panellerin çatlaması engellenmiştir (G. Yeler ve S. Yeler, 2017).



Şekil 18. a) Pangolin (URL 5)
b) Waterloo Uluslararası Terminali yakın görünümü (URL 6)
c) Waterloo Uluslararası Terminali üstten bakış (URL 7)

Bir diğer örnek ise Mimar Mick Pearce tarafından tasarlanan Zimbabve'deki Eastgate kulesidir. Kulenin tasarımından termit yuvalarından ilham alınarak tasarlanmıştır. Termit yuvalarındaki baca sistemi sayesinde hava dolaşımı yuvayı sıcak veya serin tutmaktadır. Değişken hava koşulların önemli rol oynadığı bir bölgede bulunan yapıda bu sistem kullanılmaktadır. Hatta binada baca sistemi sayesinde hava dolaşımı sağlanarak enerji tüketimi aza indirilmiş ve enerji tasarrufu yapılmıştır (G. Yeler ve S. Yeler, 2017).



Şekil 19. a) Termit Yuvasının şematik çizimi (Uç ve Oğurlu, 2023)
b) Eastgate Kulesi iç mekânı (URL 8)
c) Eastgate Kulesi cephe görünümü (URL 9).

5.1.4. Cansız Varlıkların Mimariye Yansıması

Biyofili tasarımın bir kategorisi olan doğal analoglar, tasarım parametrelerinden biridir. Doğal analoglar, doğanın organik, cansız ve dolaylı ilişkilerini ele almaktadır. Doğadaki cansız nesnelere, atomdan moleküllere, kristallere, kayalara, dağlardan sulara, yıldızlardan galaksilere kadar kendine özgü formları ve yapısal özellikleri olan bir yapı ailesini oluşturmaktadır. Farklı kategorilerde olan bu cansız nesnelere tasarımcılar tarafından desenleri, şekilleri, renkleri ve malzemeleri metafor bir şekilde doğayı taklit ederek tasarıma aktarılmaktadır (Arslan ve Sorguç, 2004).

Cansız doğal yapılar, insanlığın ilk barınma alanlarını oluşturmakta ve günümüzdeki yapı tasarımlarına örnek olmaktadır. İlk modern yer altı yapı örneği Peter Vetsch tarafından tasarlanan Earth House projesidir (Tundrea ve ark., 2014). Bu projede arazi, üzerine bina konumlandırılan bir toprak parçası olarak algılanmanın dışına çıkarak arazi ile yapı bir bütün olarak ele alınmıştır. Arazinin karmaşık yapısı kullanılarak mekânsal alanlar oluşturulmuştur. Erath house projesinden toprak örtüsünü yapının elemanı niteliğinde kullanılarak mekânsal kurgu oluşturulmuş ve yalıtım malzemesi olarak yararlanılmıştır (Bayraktaroğlu, 2013).



Şekil 20. a) Earth House Projesi Kuş Bakışı (URL 10)
b) Earth House Projesi Yakın Görünümü ,(2007) Peter Vetsch, İsviçre, Dietikon (URL 11)

6. FORMLA BİRLİKTE STRÜKTÜR SİSTEMİN MİMARİYE YANSIMASI

Doğadaki canlı ve cansız nesnelerin sahip olduğu form mimarlık alanı için ilham kaynağı olmuştur. Formla birlikte birçok özelliği barındıran bu varlıklar insan yapıları için örnek oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalarda doğadaki yapıların sistemleri oldukça önemli özelliklere sahip olduğu gösterilmektedir ve bu biyolojik varlıklar sahip olduğu malzemeyle etkin biçimler ve strüktürler oluşturmaktadır (Benyus, 1997). Formun kendi içerisinde barındırdığı strüktür sistemi sayesinde, tasarımlarda form ve taşıyıcılığı bir bütün olarak çözüme kolaylığı sağlanmaktadır.

Burada amaç form ve strüktürü olduğu gibi kopyalamak değil, yapıya işlevsel ve yararlı bir şekilde avantaj sağlayarak tabiattaki işleyişi yapıda da göstermektir (Uçar, 2019). Tabiattaki oluşumlar ölçek, işlev ve oluşum süreçleri itibarıyla insan yapımı strüktürlerden farklı olmasına rağmen enerji korunumu, malzeme, hafiflik, sağlamlık, dinamik ve statik yüklere dayanımı gibi özellikleri yapay yapılara model olmaktadır (Uç ve Oğurlu, 2023).

Doğada ki yapıların sahip olduğu yük dağılımı ve işlevsel sistemi büyük ölçeklerde tasarlanarak yapay yapılara uygulanmaktadır. Buckminster Fuller doğadaki yapıları, dinamik, fonksiyonel ve hafif yapılar olduğu için optimum verimliliğe sahip olduğunu ve bununda insan yapımı strüktürler için önem niteliğini taşıdığını belirtmiştir. Fuller tasarladığı Jeodizik kubbesi; istiflenmiş kürelerin, enerji alışverişi sırasında karşılıklı etkilenerek düzenli ve kararlı biçimler aldığı belirlemiştir. Bu çalışma daha sonra atom çekirdeği ve virüslerin yapısını anlatmak için kullanılmıştır (Selçuk ve Sorguç, 2007).

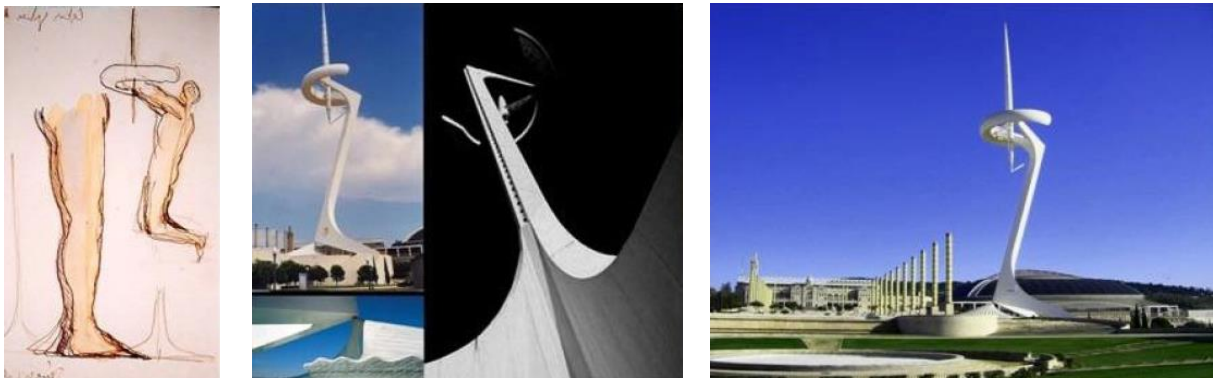


Şekil 21. a) 1967 Dünya Expo Fuarı (URL 12)

b) Expo Fuarı Detay (URL 13)

c) Fuarın Kesiti (URL 14) Buckminster Fuller Kanada, Montreal

Doğadaki strüktürleri yapılarında kullanı bir diğer mimar Santiago Calatravadır, tasarımlarını insan anatomisinden, denge ve kuvvet sistemlerinden esinlenerek tasarlamıştır. Calatrava Barselona Montjuic tepesinde tasarladığı Telekomünikasyon kulesinin de insan vücudundaki sistemin çalışması ve kuvvet dağılımının tasarıma ve mimari çözüme ilham kaynağı olabileceğini göstermiştir. Yaz olimpiyatları için tasarlanan kulenin şekli olimpiyat meşalesini ateşleyen bir koşucunun pozunu seçilmiş ve koşucunun vücudundaki kuvvet sistemi ve gerilmelerinden ortaya çıkan formla birlikte taşıyıcı sistemine karar verilmiştir (Gosciniak ve Januszkiewicz, 2018).



Şekil 22. Santiago Calatrava Torre de Montjuic Barselona (1989-1992)

a) Taslak çizimler

b) Kulenin görselleri (Gosciniak ve Januszkiewicz, 2018).

7. DOĞADAN ESİNLENEN MİMARLAR

“Doğanın derinliklerine bakın o zaman her şeyi daha iyi anlayacaksınız” diyen Albert Einstein gibi Michael Pawlyn de doğanın derinliklerine bakılması gerektiğini, doğanın geniş bir ürün yelpazesinin olduğunu ve 3,8 milyar yıllık bir araştırma ve geliştirme sürecinde var olan bir unsurun kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

Çeşitli bir yapıya sahip olan doğa, içinde barındırdığı ve her bir varlığa has olan işlevsel sistemi, biçimi, strüktürü, deseni ve malzemesi ile benzersiz örnekler sunmaktadır. Bu özellikleri tek bir yapıda sunan doğa sahip olduğu sınırsız bilgi ve insanların problemlerine sunduğu çözümler ile her daim öğretici bir unsur ve tasarımcılar için ilham kaynağı olmaktadır. Bundan dolayı mimarlar, farklı yapı türlerindeki karmaşık sorunların çözümlerini doğada aramaya başlamış ve farklı amaçlara yönelik işlevsel yapılar oluşturmak için doğadaki formları metafor bir şekilde yapılara yansıtılmışlardır (Pathak, 2019).

Mimarlar, doğanın sahip olduğu geniş tasarım fikirlerinden uzun yıllardır faydalanmaktadır. Doğanın bu özelliğinden faydalan Gaudi yaşadığı bölgeden dışarı seyahat etmemesine rağmen doğal yapıları gözlemleyerek yapılarda farklılığı ve estetiği yakaladığı gözlemlenmiştir. Hatta tasarladığı yapılarda uygun taşıyıcı sistemleri inşa etmek için doğadaki yapıların, dinamik ve statik yüklere nasıl karşı koyduğunu gözlemleyerek tasarımlarına aktarmıştır (Selçuk ve Sorguç, 2007).

Frei Otto ise doğal yapıların gelecek için form üretmede kullanılması gerektiğini ve doğadan öğrenecek çok şey olduğunu vurgulamıştır (Öztürk, 2013). Her daim farklı strüktür arayışı içerisinde olan Otto, üzerinde çalıştığı geniş açıklıklara sahip yapılar için tasarladığı taşıyıcı sistemler, doğal strüktürler ile aynı işleyişte olmaktadır (Gülle, 2017).

7.1 Antonia Gaudi

Katlana mimar Antoni Gaudi'nin (1852-1926) eserlerine bakıldığında doğadan esinlendiğini yapılarında doğal formları ve örüntüleri kullandığı gözlemlenmektedir. Gaudi, bitkilerin ve hayvanların oluşumlarından ve özelliklerinden ilham alarak yapılarını tasarlamıştır. Bitkilerin yaprak örüntülerini, dalların kıvrımlarını ve ağaçları doğal sütunlar olarak gören mimar bunları yapılarında kullanarak estetiği ve strüktürü bir arada çözmüştür. Hatta hayvanların ve insanların iskelet siteminde öykünerek tasarladığı binaların taşıyıcı sistemlerinin kemiksi bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmektedir.

Gaudi, yapısal ve estetik olarak yapılarında doğayı ön plana çıkarmış ve hem iklimsel hem de bölgesel özelliklere dayalı çalışmalar ortaya koymuştur. Buda çevredeki oluşumlardan etkilendiğini ve yerel geleneği yansıtan binalar tasarladığı göstermektedir. Çevredeki verileri doğru bir şekilde kullanarak doğayla bütün yapılar tasarlamıştır (İlhan ve ark., 2023).

7.1.1 Casa Batllo

Yerel ismi Casa dels ossos yani kemiklerin evi anlamına gelen bina Barselona şehrinin merkezinde yer almaktadır. Gaudi tarafında 1904 yılında restore edilen yapı tekstilci Josep Batllo için tasarlanmıştır. Dar uzun dikdörtgen bir parselin üzerine inşa edilen Casa Batllo yapısının cepheleri üç farklı şekilde tasarlanarak yapının olabildiğince doğal ışık alınması sağlanmıştır.

Zemin kattaki cephede sütunlar çıplak bırakılarak taş galeri oluşturulmuş ve zemin kattaki sütunların birinci katta içeriden devam etmesi sağlanmıştır. Böylelikle kemikli yapıya sahip sütunların iç mekânlarda da aynı şekilde devamı sağlanarak bütünlük oluşturulmuştur. Birinci katta kullanılan galerinin alt katta verdiği etkiyi artırmak için cam cephe kullanılmıştır (İlhan ve ark., 2023).



Şekil 23. a) Casa Batlló Ön Cephe Çizimi (URL 15)
 b) Casa Batlló Ön Cephe (URL 16)
 c) Birinci Kat (URL 17)

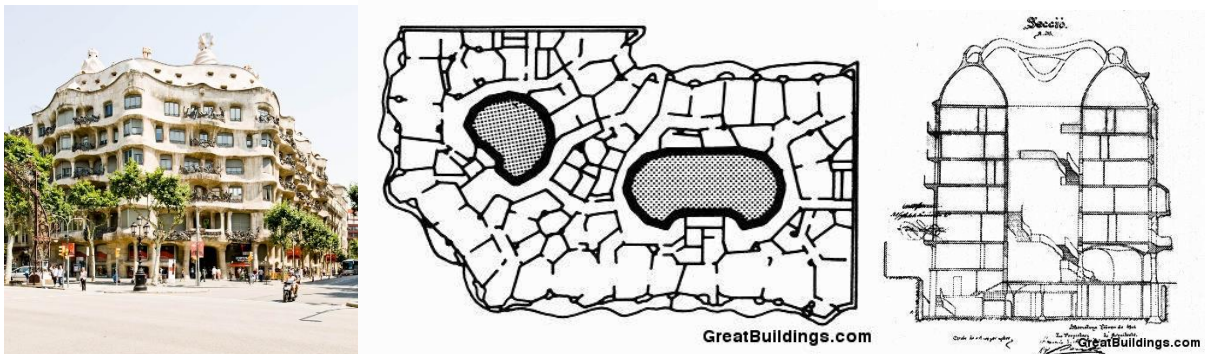
Cephede farklı olan üçüncü unsur ise balkonlar metalden yapılarak üst kat cepheleri oluşturulmuştur. Dış cephede yer alan tasarım unsurları kemik yapısını andırmakta ve çatı yapısı ise sürüngen bir görünüme sahip olup ejderha veya dinozoru anımsatmaktadır.



Şekil 24. a) Casa Batlló birinci kat iç mekân (URL 18)
 b) Yapının balkon detayları (URL 19)
 c) Çatı Katı (URL 20)

7.1.2. Casa Mila

İspanya'nın Katalonya şehrinde bulunan Casa Mila yapısı 1906-1910 yılları arasında Antoni Gaudi tarafından tasarlanmıştır. Yapımında doğal taş kullanılmasından dolayı taş ocağı anlamına gelen La Pedrera ismiyle de bilinmektedir. Casa Mila yapısı; bodrum kat, zemin kat, ana kat, dört üst kat ve çatı katı olmak üzere dokuz ana bölümden oluşan daire ve ofisleri içinde barındıracak şekilde tasarlanmıştır (İlhan ve ark., 2023).



Şekil 25. a) Casa Mila Yapısı (URL 21)
b) Plan Görünümü (URL 22)
c) Kesit Görünümü (URL 23)

Gaudi, yapının işlevsel olan her bir elemanı heykeli andıracak biçimde ve yapıyla bütün olarak tasarlanmıştır. Çatıda yer alan acil durum merdivenleri, vantilatör, çatı pencereleri ve bacaların her biri farklı biçimde tasarlanmıştır ve bunlara bakan kişiler farklı heykelimsi formlar görmektedir (Yazıcı 2016). Cephede de bunu devam ettiren Gaudi cephelyi oluştururken deniz dalgalarından ve yosunlardan ilham almıştır. Dalgaların etkisini cephede daha yoğun hissettirmek isteyen mimar balkonların dökme demir korkulukları ile bu etkiyi artırmıştır. Bu sayede cephede akıcı ve dinamik bir etki oluşturulmuştur (İlhan ve ark., 2023).



Şekil 26. a) Balkon Detayı ve Ferforjeler (URL 24)
b) Çatı Katı (URL 25)
c) İç Avlu (URL 26)

Casa Mila binası doğayla uyumlu bir tarzda tasarlanmıştır, yapının detayların da kullanılan çiçekler, yapraklar ve kıvrımlı çizgilerin hâkim olması bunu göstermektedir. Deniz dalgalarını çağrıştıran tasarım anlayışı ve gün içerisinde oluşan gölge kontrastları ile bu etki dışarda gösterilirken içerde de aynı organik etki devam ettirilmiştir. İç mekânda devam eden dallanma ve kıvrımlı hareketler yapının her alanında doğayla olan uyumu ve doğadan esinlendiği hissettirilmektedir.



Şekil 27. a) Casa Mila Merdiven Görünümü (URL 27)
b) Çatı Katı (URL 28)
c) Casa Mila yapısının iç mekân detayı (İlhan ve ark., 2023).

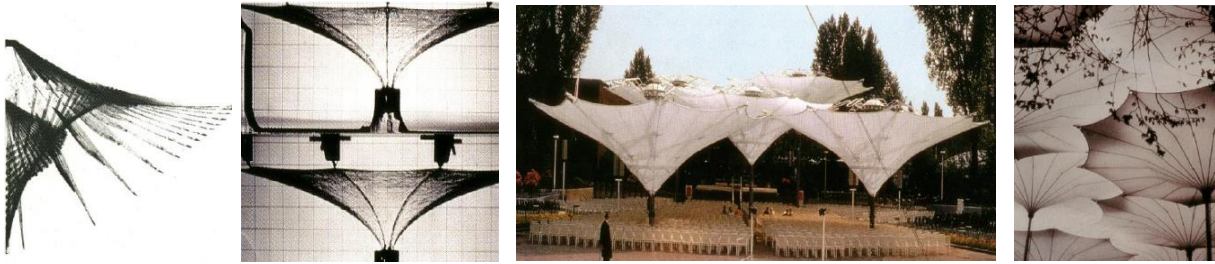
7.2 Frei Otto

Siegmar, Saxony de doğan (31 Mayıs 1925) mimar ve mühendis olan Frei Otto yaşamı boyunca doğadan ilham almış ve sürekli yeni form ve strüktür arayışı içerisinde olmuştur. Bu arayış sürecinde doğal yapılardan, bitkilerden, hayvanlardan ve insanlardan esinlenerek formla birlikte yeni strüktürleri keşfetmiştir. Özellikle ağaç ve örümcek ağı gibi dallanma yapan formlardan ilham almış ve inşa ettiği yapılarda geniş açıklıkları, kolonların şekli ve boyutu, yapının bölümlerinin nasıl olacağına dair tüm işleyiş sistemi doğadaki sistemle aynı mantıkta tasarlamıştır.

Stuttgart'ta kurduğu (1964) Hafif Yapılar Enstitüsü doğadaki yapılaşma ve oluşum sürecini anlamaya ve doğadan öğrenme sürecini başlatmıştır. Frei Otto ve ekibi formlar ve süreçler üzerine yaptıkları disiplinler arası çalışmalarda birçok sistem ve teknik üretmişlerdir. Yıllarca süren bu çalışmalarda ekonomik, hafif, uyarlanabilir yapılar üzerine sistematik araştırmalar gerçekleştirmişlerdir. Otto'ya göre binalar doğal yapılar olmalıdır (Gülle ve ark., 2022).

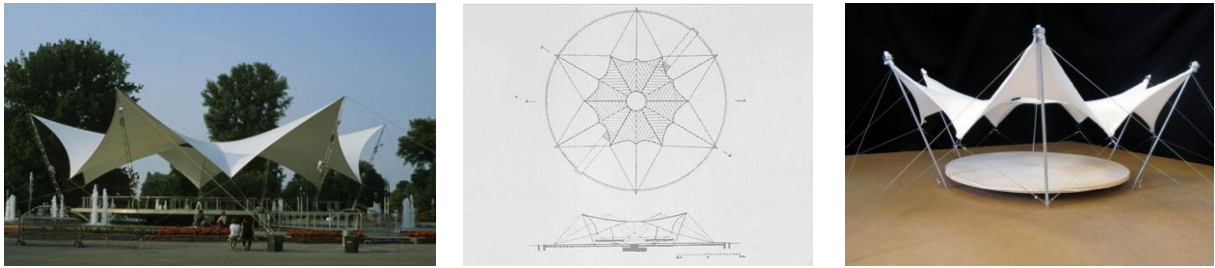
7.2.1. Frei Otto'nun Çadır ve Şemsiye Çalışmaları

Otto, ağaçların dallanmasını, örümceğin ağ biçimi ve sabun köpüğünün oluşumun sistemini geniş açıklıkları oluşturmada ilham kaynağı olarak kullanmıştır. Tasarımlarda ağacın genel şekli soyutlanarak mantar, şemsiye ve çadır şekli alması sağlanmıştır. Taşıyıcı sistemde kullanılan bu metafor sayesinde havaalanları, spor salonları ve alışveriş merkezleri gibi kamu alanları bu veriler niteliğinde oluşturulmuştur.

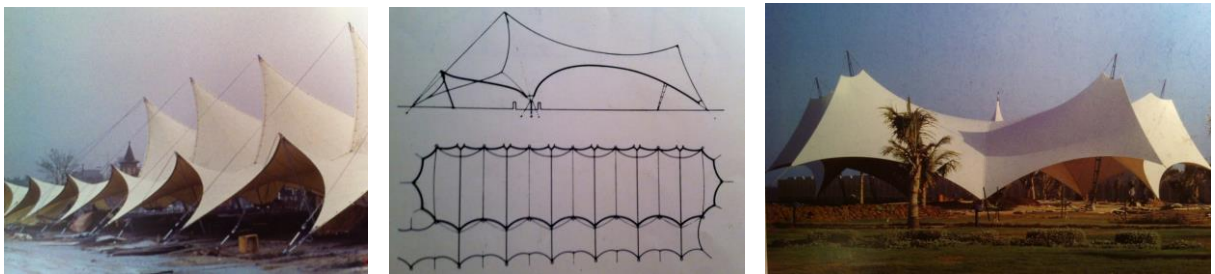


Şekil 28. a-b) Frei Otto Şemsiye Çalışması
c-d) Otto'nun Köln'de tasarladığı bir bahçe sergisi (Gülle, 2017 s. 46-47)

Çadır sistemin tasarımı ve şekli için minimum yüzey kavramını keşfeden Otto, yaptığı deneysel çalışmalarla bu sisteme varmıştır. Deneylerde kullanılan sabun solüsyonlu sıvıya bir çerçeve batırılarak oluşan sabun köpüğü minimum yüzey alanını vermektedir. Formu bulmak için ilk olarak örme kumaş iplik tüy ve tel malzemeleri kullanılmıştır fakat en iyi formu sabun deneyi vermiştir (Gülle, 2017). Şekil 29-30-31' de Otto'nun çadır formundaki çalışmaları örnek gösterilmiştir.



Şekil 29. Frei Otto, Dans Pavyonu Federal Bahçe Fuarı, Köln, Almanya (1957) (Durgut, 2014)



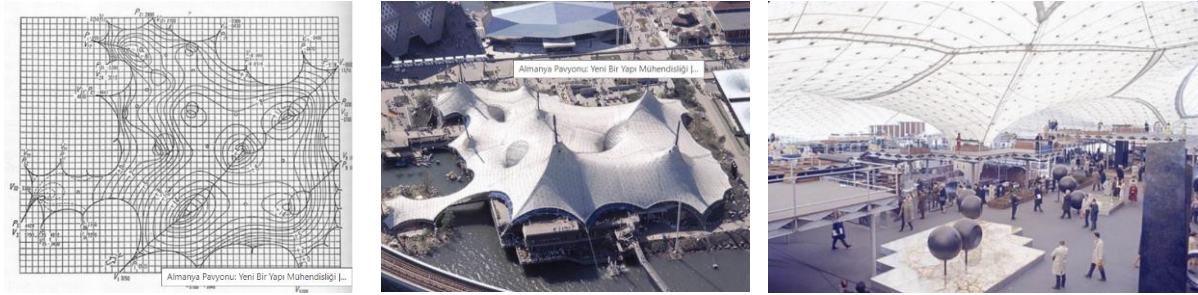
Şekil 30. Frei Otto Dalga Pavyonu Uluslararası Bahçe Fuarı, Hamburg, Almanya (1963) (Durgut, 2014)



Şekil 31. Frei Otto, Expo 64 Ulusal Sergi Fuarı, Lozan, İsviçre (1964) (Durgut, 2014)

7.2.2. Alman Pavyonu Expo 1967

Montreal da gerçekleştirilen (1967) dünya sergisi, 20.yüzyılın en başarılı Expo'su kabul edilmiştir." İnsan ve Dünyası" adı altında gerçekleştirilen fuar, Frei Otto ile Rolf Gutbord tarafından hazırlanmış ve bu proje yarışma yoluyla seçilmiştir. Expo 67 fuarı hafif yapıların başyapıtı olarak kabul edilmiştir. Uzun süren araştırmalar sonucu hafif ve büyük açıklıkları geçen membran, ağ ve kafes sistemin bir çalışması sonucu olarak değerlendirilen proje konumlandığı arazinin topografyasıyla ve sulak alanlarla bağlantı kurmaktadır (Durgut, 2014).



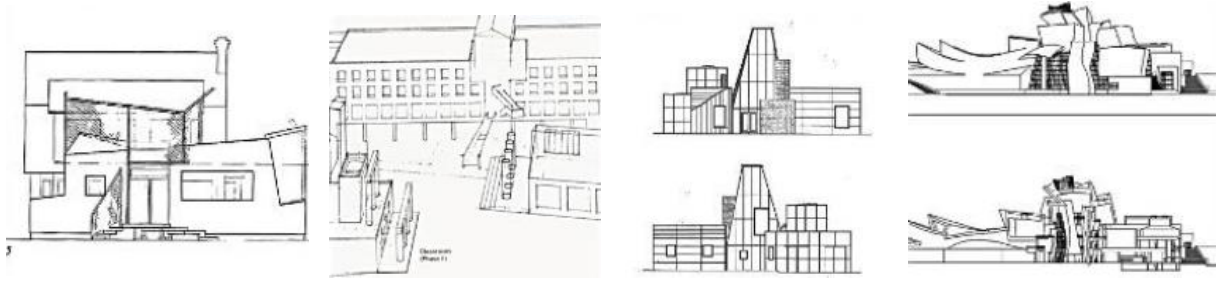
Şekil 32. a) Alman Pavyonun Çatı Planı
b) Alman Pavyonu Çatı Örtüsü
c) Pavyonda Fuar Alanı (Durgut, 2014).

İlk kablo ağından tasarlanan Expo 67 fuarın, üst örtü sisteminin formunu bulmak için Otto birçok deneysel çalışma yapmıştır. Çatı örtüsünün membran olup yüzde elli geçirgenliğe sahip olmasından dolayı, mekânda doğal ışıklandırma ve doğal havalandırma sirkülasyonu sağlanmaktadır. Ayrıca serbest düzende yerleştirilmiş kolonlara bağlı sistem sayesinde iç mekânın her noktasında farklı hacimler bulunmaktadır ve bu alanlar zemin kat artı asma kat olarak kullanılmıştır (Durgut, 2014).

7.3 Frank Gehry

Polonya kökenli olan Frank Gehry, 28 Şubat 1929 yılında Toronto şehrinde doğmuştur. Yaşadığı bölgede akranları tarafından dışlanan Gehry ergenlik döneminde yaşlıları tarafında balık takma adı ile anılmıştır. İlk başta bu takma adın pek bir anlamı olmasa da daha sonra hayatında önemli bir figür olarak yer almış ve balık figürünü tasarımlarına somutlaştırarak aktarmıştır. Gehry neo klasizim akımına karşı yeniyi ve doğayı savunarak heykelsi, kavisli, kıvrımlı ve biyomorfik formları savunmuştur (Yazıcı, 2021).

Frank Gehry'nin tasarım anlayışı zamanla ve mesleki deneyimle şekillenmiştir. Sakin ve hareketsiz bir temada formlarını şekillendiren mimar, ilerleyen süreçlerde değişen üslup ve düşünce biçimiyle birlikte daha karmaşık, kıvrımlı ve organik şekillere yönelmiştir. Mimaride hareket kavramını temel almış ve bunu insan geçmişinden daha fazla bir geçmişe sahip olan balıktan ilham alarak yapmıştır. Balık formunu saplantı haline getiren Gehry balıkların hareketini kendisini etkilediğini ve balıkların anatomisinin üzerinde yaptığı araştırmaların mimari anlayışındaki dinamikliği vurguladığını belirtmiştir (Yazıcı, 2021).



Şekil 33. Frank Gehry'nin zamanla değişen tasarım anlayışı
 a) Gehry Residence -ABD (1978-1991)
 b) Loyolo Law School- ABD (1978)
 c) Winston Guest House- ABD (1982)
 d) Guggenheim Müzesi- İspanya (1997) (Yazıcı, 2021).

7.3.1. Guggenheim Bilbao Müzesi

İspanya, Bilbao şehrin sembolü ve ikonik bir tasarıma sahip olan müze (1997) Nervion nehrinin kıyısına konumlandırılmıştır. Modern mimarinin önemli yapılarında biri olan müze, kabuk tasarımı ve iç mekân kurgununun tamamı organik ve kavisli bir çizgiye sahiptir. Frank Gehry'nin yaşamında önemli yere sahip olan balık formu bu müzede kullanılmıştır. Tasarımda balınaya benzetilen eğrisel hacim; yapının estetiksel bir görünüme sahip olmasını sağlamıştır. Bu eğrisel form sayesinde kontrollü bir şekilde cephe yarıklarından içeriye doğal ışık ve hava akımının girmesi sağlanmıştır (Geylani, 2023).



Şekil 34. Guggenheim Bilbao Müzesi
 a) Eskiz Çizimi
 b) Kesit Görünüşleri (Geylani 2023) (Yazıcı, 2021).



Şekil 35. Guggenheim Bilbao Müzesi
 a) Genel Görüntüsü
 b) Giriş Görüntüsü
 c) İç Mekan Tavan ve Işıklendirme Detayı (Gayret, 2016).

8. DOĞAL FORMUN TASARIMA FAYDALARI

Mimarlar ve tasarımcılar, tasarımlarında doğadan ilham almış ve doğal yapılardan öğrendikleri sistemi yapılarına işlemişlerdir. Doğal yapıların kendine has formu, işleyiş sistemi ve her bir sistemin birbirinden farklı özellikleri bulunmaktadır. Doğadaki oluşumları kendiliğinden var olan bu yapıların sahip oldukları form, içerisinde taşıyıcı sistemini de barındırmakta ve bu sayede tasarımcılara esin kaynağı olan formla birlikte strüktürü de çözmeye imkân sağlamaktadır. Ayrıca doğal yapıların hafif ve geniş açıklı taşıyıcı sistemini, yapay yapılara uygulama olanağı sunmaktadır.

Yapay Yapılarda kullanılan doğal form yapının diğer işleyiş alanlarına da ilham kaynağı olmaktadır. Canlı bir organizmanın sahip olduğu dolaşım sistemini yapay yapılara formla birlikte uygulanması, tasarımda estetik bir dil bütünlüğü oluşturmaktadır. Doğal formun sahip olduğu biçim, doğal havalandırma, doğal ışık alma, koruyucu tabaka gibi pek çok özelliği insan yapımı yapılarda enerji tüketimi azaltarak enerji tasarrufu sağlamaktadır. Doğadaki işleyişin formla birlikte binalara uygulanmasıyla doğanın yararlı etkilerinin sürdürülmesi ve bu etkilerin korunmasını olanak sağlayan bir tasarım anlayışı olmaktadır.

Bu tasarım anlayışı, modern dünyada insanın tabiatında var olan doğayla bağlantı kurmasını sağlayarak insanın fiziksel ve ruhsal sağlığını devam etmesini amaçlanmaktadır (Kellert ve Calabrese, 2015). Doğal unsurları barındıran mekanlarda, yaşayan ve çalışan insanların stresinde azaltıcı etkilerin olduğunu veya bu tür mekanlarda tedavi görenlerin hızlıca iyileştiği gözlemlenmiştir. Yapay yapılarda doğal havalandırma, güneş ışığı, desen, şekil ve doku gibi faktörlerin insan sağlığı üzerinde pozitif etkileri olmaktadır. Bu sebeple tasarımcılar insanlar için yapay çevrede biyolojik bir organizmanın işleyişi gibi işleyen yaşam alanları tasarlamaktadır (Kaya, 2018). Yapay yapı tasarımlarında, doğadan esinlenilerek oluşturulan form sadece estetik kaygı amacı taşımamaktadır. Formun sahip olduğu özellikler tasarımda kolaylık sağlarken yapıdaki işleyişi de oluşturmaktadır. Biçim ve işlevi bir arada barındıran form sayesinde eşsiz tasarım fikirleri ve yararlı mekanlar oluşturularak formun tasarıma faydaları gözlemlenmektedir.

SONUÇ

İnsanın birincil mekânı olan doğa, sınırsız fikirleriyle öğretici nitelikte olması mimarlar ve tasarımcılar için ilham kaynağı olmuştur. Mimari tasarımda ilk başlarda süsleme figürleri olarak kullanılan ağaç, yaprak, dallar, hayvanlar, dağ ve taş gibi doğal figürler daha sonrasında metafor bir şekilde tasarımlara aktarılmıştır. Tasarımda zamanla yaşanan değişimler ve teknolojik gelişmelerle disiplinler arası yapılan çalışmalar sonucu; doğal faktörleri barındıran biyomikri, biyomimesis, biyofili ve fraktal geometri gibi kavramlar literatüre girmiştir. Bu terimler doğa tabanlı olup insanlara doğayı öğretme, doğayı yapılara işleme ve doğal formları tasarımlarda kullanmaya davet etmektedir.

Doğal formları “canlı”, “cansız” ve “canlı organizmalar” kategorilerine ayırarak yapılan araştırmalarda, doğal yapıların tasarımda kullanılması mimariye farklı bir bakış açısı getirdiği gözlemlenmiştir. Mimaride oluşan bu tasarım anlayışı, yapıların eşsiz bir formda tasarlanması, keskin düz hatlardan yumuşak hatların olduğu ve dinamikliğe sahip yapıların tasarlanmasına olanak sağlamıştır. Doğayı örnek alarak yapıları tasarlamaya devam ettikçe yaşayan bir sistemi, yapay sisteme aktararak canlılık kazandırılması amaçlanmıştır. Yaşayan bir sistem olan insanoğlu kendisi gibi canlı bir sistemde yaşaması fiziksel ve ruhsal olarak iyi hissetmesi sağlanmaktadır.

Doğadaki yapılar yaşadığı çevrenin şartların göre biçimlenmekte ve o çevrenin koşullarına uyum sağlayacak şekilde sistemleri gelişmektedir. Mimarlar ve tasarımcılar yapıların yapıldığı tabiatta yaşayan canlılardan ilham alarak tasarım yapması tasarımda kolaylık ve avantaj sağlayabileceği gözlemlenmektedir. Doğadaki yapıların sistemsel işleyişi formla birlikte yapay yapılara aktarılması ve formla beraber strüktür sisteminin çözülmesi tasarımda bütünlük sağlanmaktadır. Doğadan yapay yapılara aktarılan bu etkiler sayesinde doğanın etkilerinin sürdürülmesi ve doğayla bağların kuvvetlenmesi amaçlanmaktadır. Doğal formların mimari tasarım üzerinde birçok avantajı olduğunu ve yapay yapılarda doğadaki yapıları işlemek, geçmişte ve şimdi olduğu gibi gelecek yüzyıllarda olması öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Agkathidis, A. (2016). Implementing biomorphic design. Aulikki Herneoja Toni Österlund Piia Markkanen Oulu School of Architecture University of Oulu, 291.

Arslan, S., & Sorguc, A. G. (2004). Similarities between structures in nature and man-made structures: biomimesis in architecture. *Design and nature*, 2, 45-54.

Arslan Selçuk, S., Gülle, N. B., & Mutlu Avinç, G. (2022). Tree-like structures in architecture: Revisiting frei otto's branching columns through parametric tools. *SAGE Open*, 12(3), 21582440221119479.

Arslantaş, Y. (2016). Paleolitik ve Mezolitik (Epi-Paleolitik) Çağ'da Barınma. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(2), 319-344.

Bayraktaroğlu, Ö. E. (2014). Mimarlıkta ekosistem düşüncesiyle tasarlamak.

Beyaztaş, H. S. (2012). Mimari tasarımda ekolojik bağlamda biçim ve doğa ilişkisi.

Benyus, J. M. (1997). Biomimicry: Innovation inspired by nature.

Çorakçı, R. E. (2016). İç mimarlıkta biyofilik tasarım ilkelerinin belirlenmesi.

Değirmenci, F. B. (2009). *Fraktal geometri ve üretken sistemlerle mimari tasarım* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Demirci, B. F. (2019). *Mimari tasarımda biyoışbirlikçi bir yaklaşım olarak bakteriyel biyokalsifikasyonun kullanımı üzerine bir inceleme* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Demir, H. (2019). Anadolu'da II. Theodoisius Dönemi Sütun Başlıklarında Maske Akanthus Motifi Kullanımı. *Akademik Hassasiyetler*, 6, 135-157.

Dinçer, D. (2021). SMART Journal. *Journal*, (Issn: 2630-631X), 9(75), 4405-4413.

Durgut, https://www.academia.edu/upgrade?feature=searchm&from_navbar=true&trigger=nav En son erişim 17.03.2024

El-Zeiny, R. M. A. (2012). Biomimicry as a problem solving methodology in interior architecture. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 50, 502-512.

El-Ghobashy, S., & Mosaad, G. (2016). Nature influences on architecture interior designs. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 573-581.

Ertin Tezgör, D. G., & Karakaya Aytin, B. (2022). Biyomorfik Form ve Örüntülerden Esinlenen Tasarımlar Üzerine Bir Stüdyo Deneyimi. *SED Journal of Art Education*, 10(1).

Gayret, T. (2016). Müzeciliği'nde Bir Şehri Kalkındıran Müzecilik Örneği, Guggenheim Bilbao Müzesi. *Art-e Sanat Dergisi*, 9(17), 354-375.

Geylani, Ö. (2023). Hayvan İskeletinin Sanat ve Mimarideki Yansımaları. *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, 12(108), 1139-1151.

Gosciniak, M., & Januszkiewicz, K. (2019, February). Architecture inspired by Nature. Human body in Santiago Calatrava's works. Sophisticated approach to architectural design. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 471, No. 8, p. 082041). IOP Publishing.

Güler, B. (2000). *Mimari-doğa ilişkisi ve doğayla uyumlu mimari tasarım yaklaşımları üzerine bir inceleme* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Hallgren, L. (2014). Santiago Calatrava.

Ibrahim, I. G. (2015). The Role of Nature Form Versus Life Principles in Achieving Sustainability of Bio-Mimic Architecture: Measuring the Gap of Contemporary Egyptian Practice of Bio-Mimic Architecture. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 43(6), 929-954.

İlhan, M. N., Aykal, F. D., & Özil, Ö. Ü. M. E. (2023, April). Antom Gaudı Eserlerinde Organik Formun Çevresel Faktörler Çerçevesinde İncelenmesi. In *Conference Book* (p. 73).

İnner, S. (2019). Biyomimikri ve Parametrik Tasarım İlişkinin Mimari Alanında Kullanımı ve Gelişimi. *Tasarım Enformatiği*, 1(1), 15-29.

Joye, Y. (2006). An interdisciplinary argument for natural morphologies in architectural design. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(2), 239-252.

Karabetça, A. R. (2015). Doğadan esinlenmiş tasarımlar: tasarım stratejisi olarak biyomimikri.

Karataş, T. (2020). Çevresel sanat uygulamalarının sürdürülebilirliğe katkısı ve biyomimikri. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (24), 721-744.

Kaya, H. & Selçuk, S. A. (2018). Biyofilik Tasarım ve İyileştiren Mimarlık: Sağlık Yapıları Üzerine Bir Değerlendirme. *Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences (EJONS)*, 2(3), 35-47.

Kellert, S., & Calabrese, E. (2015). The practice of biophilic design. *London: Terrapin Bright LLC*, 3(21).

Kim, J., & Park, K. (2018). The design characteristics of nature-inspired buildings. *Civil Engineering and Architecture*, 6(2), 88-107.

Öcal, Ş. (2007). *Lagina ve Stratonikeia Korint başlıkları* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Ölgen, B. (2020). Mimari Tasarım Eğitiminde Biyomimikri ve Form İlişkinin Kullanımı Üzerine Bir Literatür İncelemesi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 539-551.

Öykünç, D., & Yıldızdag, M. E. (2023). Venüs' ün Çiçek Sepeti Süngerinden Esinlenerek Tasarlanmış Bir Kafes Sistemin Yapısal Davranışının İncelenmesi. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, (222), 64-75.

Öz, Ç. (2021). Frank Gehry ve Gehry Mimarlığının Dili. *Modular Journal*, 4(1), 46-61.

Özkan, M., & Yağcı, U. (2021). Estetik ve Kültürel Bir İletişim Nesnesi Olarak Ergani Çayönü Mağara Kabartmaları ve Sembolik Motifler. *STAR Sanat ve Tasarım Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 18-30.

Öztürk, N. (2013). Form Bulma Kuramı ve Doğal Üzerinden Yapayın Keşfi'Çalıştay. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1(12), 83-101.

Öztürk, Z. K., & Şimşek, A. (2019). Tarih öncesi dönemdeki ilk barınma alanları ile Anadolu'daki Körtik Tepe, Hallan Çemi, Nevali Çori ve Aşıklı Höyük yerleşimlerinde, inanç ve kültürün etkisinin incelenmesi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(3), 14-22.

Pathak, S. (2019). Biomimicry:(innovation inspired by nature). *International Journal of New Technology and Research*, 5(6), 34-38.

Rian, I. M., & Sassone, M. (2014). Tree-inspired dendriforms and fractal-like branching structures in architecture: A brief historical overview. *Frontiers of Architectural Research*, 3(3), 298-323.

Selçuk, S. A., & Sorguç, A. G. (2007). Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(2).

Tavşan, C., Çelenk, A., & Tavşan, F. (2021). Doğa ve Teknoloji Kesişiminde Neri Oxman'ın Tasarım Yaklaşımı. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 3(2), 405-424.

Tundrea, H., Maxineasa, S. G., Simion, I. M., Taranu, N., Budescu, M., & Gavrilesu, M. (2014). Environmental impact assessment and thermal performances of modern earth sheltered houses. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(9), 2363-2369.

Uçar, S. (2019). Mimari açıdan biyomimikrinin tasarım paradigması olarak değerlendirilmesi. In *SETSCI Conference Proceedings* (Vol. 4, No. 3, pp. 213-219).

Uç, B. (2023). Ekolojik Mimari Tasarımda Biyomimikri ve Ekomimikri. *YDÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 6(1), 86-106.

Uç, B. (2014).

https://www.researchgate.net/publication/367465436_Mimari_Tasarımda_Biyomorfik_Yaklaşımlar_Yakındoğu_Üniversitesi_Fen_Bilimleri_Eenstitusu_Ic_Mimarlık_Ana_Bılım_Dalı_Yuksekk_Lisans_Tezi_Ic_Mimar_Betul_Uc_Zeytun_Lefkosa_2014 (Erişim Tarihi 10.05.2024)

Vitalis, L., & Chayaamor-Heil, N. (2022). Forcing biological sciences into architectural design: On conceptual confusions in the field of biomimetic architecture. *Frontiers of Architectural Research*, 11(2), 179-190.

Vitruvius, Mimarlık Üzerine On Kitap

Vorobyeva, O. I. (2018, November). Bionic architecture: back to the origins and a step forward. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 451, No. 1, p. 012145). IOP Publishing.

Yeler, G. M., & Yeler, S. (2017). Models from nature for innovative building skins. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 142-165.

Yazıcı, Y. E. (2016). Gaudi Dokunmamızı Mı İstedi?. *Mimarlık ve Yaşam*, 1(1), 53-60.

ŞEKİL KAYNAKLARI

Şekil 9. URL-1 <https://www.archdaily.com/438992/ad-classics-la-sagrada-familia-antoni-gaudi>
Erişim tarihi:13.05.2024

Şekil 14. URL-2 <https://www.archdaily.com/928285/30-st-mary-axe-tower-foster-plus-partners>
Erişim tarihi:10.01.2024

Şekil 15. URL-3
https://en.wikipedia.org/wiki/Esplanade_%E2%80%93_Theatres_on_the_Bay#/media/File:Esplanade_close.JPG
Erişim tarihi:03.01.2024

Şekil 17. URL-4 <https://www.idesignarch.com/lhemisferic-an-eye-catching-architectural-masterpiece-in-valencia/> Erişim tarihi: 15.01.2024

Şekil 18. URL-5 Pangolin görseli: <https://www.sierraclub.org/sierra/2016-5-september-october/critter/pangolin-weirdest-animal-earth>

URL- 6-7- https://grimshaw.global/projects/gallery/?i=227&p=93001_N509_banrimgland
Erişim tarihi: 03.02.2024

Şekil 19. URL- 8- 9 <https://archestudy.com/biomimicry-architecture-eastgate-center-harare-zimbabwe/>
Erişim tarihi:15.10.2023

Şekil 20. URL- 10- 11 <http://www.bubblemania.fr/en/peter-vetsch-2007-dietikon-suisse/>
Erişim tarihi:13.10.2023

Şekil 21. URL -12-13-14 <https://www.arkitektuel.com/biyosfer-montreal/>

Erişim tarihi:05.12.2023

Şekil 23. URL-15 <https://www.casabatllo.es/en/antoni-gaudi/casa-batllo/facade/>

URL-16-17 <https://www.archdaily.com/90689/ad-classics-casa-batllo-antoni-gaudi>

Erişim tarihi: 20.12.2023

Şekil 24. URL-18-19-20 <https://www.casabatllo.es/en/antoni-gaudi/casa-batllo/inside/>

Erişim tarihi: 09.10.2023

Şekil 25. URL-21-22-23 <https://www.archdaily.com/367681/ad-classics-casa-mila-antoni-gaudi>

Erişim tarihi: 09.10.2023

Şekil 26. URL-24-25-26 <https://www.archdaily.com/367681/ad-classics-casa-mila-antoni-gaudi>

Erişim tarihi:10.10.2023

Şekil 27. URL-27-28 26 <https://www.archdaily.com/367681/ad-classics-casa-mila-antoni-gaudi>

Erişim tarihi:10.10.2023