

Ekolojik Mimari Tasarımda Biyomimikri ve Ekomimikri

Betül Uç^{a*}, İdris Oğurlu^b

^{a*} İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü

Orcid no: 0000-0002-7300-4841

E-mail: buc@ticaret.edu.tr

^b İstanbul Ticaret Üniversitesi, Çevre ve Doğa Bilimleri Uygulama Araştırma Merkezi

Orcid no: 0000-0002-2677-9513

E-mail: iogurlu@ticaret.edu.tr

Araştırma makalesi

Özet

Mimari tasarım çerçevesinden bakıldığında, tabiat geçmişten bu yana insanların dikkatini çekmiş, fikir kaynağı ve tasarıma çözüm metodu modeli olmuştur. Nüfus artışı, küresel ısınma, hızlı kentleşme, sanayileşme ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yanlış kullanımı vb. faktörlerden kaynaklanan ekolojik problemlerin ortaya çıkması, mimari tasarımda, tabiatın öğrenme veya tabiata uyum sağlama arzusunun yeniden şekillendirmiştir. Mimari tasarımda tabiatın, canlı biçimlerinin oluşum sürecinden, form-sistem özellikleri ve doğal süreçlerinden esinlenme, sürdürülebilir ve ekolojik çözümler ile mimari tasarımda yeni kapılar açmıştır. Bu noktada biyometrik; mimarlık alanındaki birçok problemin cevabını, tabiatla anlaşma içinde olabilmek, ekolojik ve sürdürülebilir bir çevre tasarlamak için biyolojik düzenlerden ilham alan yenilikçi yöntemler üretmek adayıdır. Bu alanda yapılmış pek çok çalışma olsa da bununla yetinmemek gerekirken çünkü yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve bunun önemi her geçen gün artmaktadır.

Ekolojik mimarlık ve ekomimikri, tabiatın ilham alma, tabiatı örnek alma, tabiatı taklit etme yönleriyle birbirine oldukça örtüşmektedir. Ancak biyomimikri daha çok malzeme ağırlıklı bir tasarım yaklaşımı olarak algılanırken, ekomimikri ileride bina ve yerleşimleri ekosistemler üzerinden şekillendirmeyi hedeflemektedir. Bu durumda doğaya uyumlu mimari tasarımda uyumun en emin ve kestirme yolunun tasarımı ekosistem temeline oturtmak, yani ekomimikri olduğu söylenebilir. Dolayısıyla mimari tasarımda hedef ekomimikri olmalıdır. Ne var ki teoride cazip görünen ekomimikri ve ekosistem temelli yapı tasarımının, uygulamada, sosyoekonomik faktörler sebebiyle birtakım zorluklarla karşılaşması da mümkündür. Fakat yine de mimarlık alanında biyometrik tasarımların yaygınlaşacağı ve biyometriğin tabiatındaki çevresel tahribatı ortadan kaldırmaya aday bir teknik ve disiplin haline geleceği anlaşılmaktadır. Bu çalışmada biyometrik ekolojik mimarlık ile ilişkilendirilmek suretiyle tasarım yaklaşımlarından; ekolojik temelli tasarım, biyometrik ve ekomimikri konuları birlikte irdelenmiştir. Bu amaçla önce ekolojik mimarlık kavramı ve uygulamaları özetlenmiş, ardından ekolojik mimarlığın da temeli olan doğayla uyumun boyutları ifade edilmiş ve nihayet doğayla uyumun nihai hedefi sayılan biyomimikri ve ekomimikri kavramları örneklerle açıklanmıştır. Aynı zamanda çalışmada izlenen yöntemi de oluşturan bu strateji, biyometrik uygulamaların analizi ile geliştirilerek sonuca gidilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyomimikri, Ekomimikri, Ekolojik Mimarlık, Tabiatı Taklit

Biomimicry and Ecomimicry in Ecological Architectural Design

Abstract

From the perspective of architectural design, nature has attracted people's attention since the past, and has been a source of ideas and a model of solution method to design. The emergence of ecological problems caused by factors such as population growth, global warming, rapid urbanization, industrialization and misuse of renewable energy sources have reshaped the desire to learn from nature or adapt to nature in architectural design. Inspiration from nature, the formation process of living forms, form-system features and natural processes in architectural design has opened new doors in architectural design with sustainable and ecological solutions. At this point, biomimetics; It is a candidate to answer many problems in the field of architecture by producing innovative methods inspired by biological orders in order to be in harmony with nature and to design an ecological and sustainable environment. Although there are many studies in this field, it is not enough to be satisfied with this because the interest and importance of renewable energy sources is increasing day by day. Ecological architecture and ecomimicry overlap with each other in terms of being inspired by nature, taking nature as an example, and imitating nature. However, while biomimicry is perceived as a material-oriented design approach, ecomimicry aims to shape buildings and

settlements over ecosystems in the future. In this case, it can be said that the surest and shortest way of harmony in architectural design compatible with nature is to base the design on the ecosystem, that is, ecomimicry. Therefore, the target in architectural design should be ecomimicry. However, ecomimicry and ecosystem-based building design, which seems attractive in theory, may encounter some difficulties in practice due to socioeconomic factors. However, it is understood that biomimetic designs will become widespread in the field of architecture and that biomimetic will become a candidate technique and discipline to eliminate environmental destruction in nature. In this study, by associating biomimetic with ecological architecture, one of the design approaches; ecological-based design, biomimetics and ecomimicry are discussed together. For this purpose, first the concept of ecological architecture and its applications are summarized, then the dimensions of harmony with nature, which is also the basis of ecological architecture, are expressed and finally the concepts of biomimicry and ecomimicry, which are considered the ultimate goal of harmony with nature, are explained with examples. This strategy, which also constitutes the method followed in the study, was developed with the analysis of biomimetic applications and the result was reached.

Keywords: Biomimicry, Ecomimicry, Ecological Architecture, Imitation of Nature

<https://doi.org/10.32955/neujfa202352782>

1. GİRİŞ

Tabiatı taklit kavramı gündeme geldikçe, mimari tasarımda tabiattan her zaman ilham alınıp alınamayacağı veya tasarımda tabiatın ne ölçüde ve nasıl taklit edebileceği soruları mimarların zihnini hep meşgul edegelmiştir. Diğer taraftan, ekolojik mimarlığın başarılı örnekleri olarak kabul edilen geleneksel konut mimarisinde tabiattan ilham alınarak geliştirilmiş veya tabiat şartlarını dikkate alan bina formları ve tabii karakterde yapı malzemelerinin kullanıldığını görmekteyiz. Modern dönemde geçirdiği maceraya baktığımızda; mimarlığın çevre dostu bina, yeşil bina, ekolojik bina ve nihayet sürdürülebilir bina noktasına dayandığı görülmektedir. Bu noktada aslında mimarlığın adım adım tabiata dönüş yönünde ilerlediğini görmekteyiz. Günümüzde, bir bina norm, form ve malzeme yönüyle ne kadar tabiata uyumu gözeterek inşa edilmişse o kadar başarılı ve sürdürülebilir kabul edilmektedir. Ekolojik mimarlık, ekolojik sürdürülebilirlik anlamında ele alındığında temel parametre itibariyle tabiata uyumun esas alındığı görülür.

Tabiata uyum göstermek yerine, onu bize uymaya zorlayarak bozuyoruz. Bu durumun bize ne denli zarar verdiğinin ise yeni farkına varmaya başladık ve bundan böyle kendimize şunu soruyoruz: Biz de diğer canlılar gibi doğa ile anlaşma içerisinde yaşayamaz mıyız? Evet; Ekolojik mimarlık ve biyomimikri bu konuda bize umut vaat ediyor (Url-1). Dünyada artan CO₂ seviyeleri gibi antropojenik faktörlerin neden olduğu çevresel kriz, binalarda CO₂ emisyonunun azalması, doğal havalandırma yoluyla ek havalandırma sistem ve masraflarının azalması, güneş ışığından sınırsız yararlanma ile sınırsız elektrik üretimi gibi doğal sistemlerin çözümün bir parçası olarak algılanması ve araştırmacıların dengeli bir çevrede biyolojik sistemlerin önemli rolünü fark etmesi nedeniyle biyomimetik tasarımı da teşvik etmiştir (Holguera, 2018). Marshall (2007), bir çalışmada ekomimikriyi çevresel, politik ve felsefi ölçekte kavramsal olarak ele almış örnekler üzerinden değerlendirmiştir. Yeang (2007); ekomimikri kavramını, eko-gökdelene tasarımında ekosistemlerin yapısını, süreçlerini ve özelliklerinin taklit edilmesini ve eko-gökdelenin teorisini ve öncüllerini incelemiştir. Bousset ve arkadaşları (2020); kentsel ısı adası, enerji tasarrufu, yağmur suyu, karbon bütçeleri ve biyolojik çeşitlilik dahil olmak üzere yeşil çatılarda geçmişteki başarı için kritik öneme sahip olan ve gelecek vaat eden ancak gelecekte yatırıma ihtiyaç duyan öncelikli konuları genel bir bakış açısı ile ekomimikri ölçeğinde incelemiştir. Bir başka çalışmada Rao (2014), ilham için doğaya bakarak kaynak verimliliğinde nasıl radikal bir artışın sağlanabileceğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Biyomimikrinin mevcut mimari tasarımdaki uygulamalarını keşfetmek, bir dizi tasarım yaklaşımı, düzeyi ve ilkesini incelemiştir

ve mimarların doğadan ilham alan çalışmalarını örneklemiştir. Nkandu ve Alibaba (2018), mimaride biyomimikriyi sürdürülebilir bina tasarımına potansiyel bir çözüm olarak ve mimari tasarımda biyomimikrinin temel ilkelerini ve ilerlemelerini analiz ederek, biyomimikrinin yapıları çevrede bugüne kadar nasıl uygulandığını incelemek için beş örnek olay incelemesi tartılmıştır. Bu çalışma kapsamında; ekolojik mimarlık ile mimikri ilişkilendirilerek tasarımda, biyomimikri, ekolojik temelli tasarım ve ekomimikri konuları irdelenmiştir. Çalışmanın amacı ekolojik mimari tasarımda tabiatı taklidin çerçevesini ortaya koymaktır.

2. EKOLOJİK MİMARLIK VE MİMARİ TASARIMDA ÇEVREYE UYUMUN BOYUTLARI

Bir cümleyle ifade edilecek olursa; ekolojik mimarlık tabiata uyumlu veya tabiatla uyumlu mimari yapılar ortaya koymaktır. Yapının tabiatla uyumlu olması bize iki türlü fayda sağlar. Birincisi; Tükenmez doğal kaynaklardan ve doğal malzemeden ekonomik yararlanmanın yolunu açar ve dolayısıyla tükenir kaynakların israfını önler. Böylece tabiatla uyumlu yapı sayesinde doğal kaynakları ve yaşadığımız çevreyi korumuş oluruz (Oğurlu, 2020). İkincisi ise: Sağlıklı bir çevrede yaşamak ve daha kaliteli bir hayat sürmektir. Çünkü ekolojik mimarlık ilkeleri gereği olarak yapı için ekolojik tasarımı ve ekolojik yapı malzemelerini tercih etmekle; ekosistemi tahribat ve bozulmaktan, yaşadığımız çevreyi de kirlenmekten koruyarak çevre sağlığını ve dolayısıyla insan sağlığını da korumuş oluruz (Oğurlu, 2020).

Ekolojik mimarlığın tabiatla uyumlu mimari olduğunu, form ve malzemenin veya tasarım fikrinin tabiatından alındığı bilinmektedir. Mimari tasarımda her zaman tabiatından ilham alabilir miyiz ve tasarımda tabiatı ne ölçüde ve nasıl taklit edebiliriz dediğimizde, tabiatta mükemmel bir akış ve işleyiş olduğunu, tasarıma örnek olacak sistem, obje ve modellerin tabiatında bulunduğunu görmekteyiz (Oğurlu, 2022). Bunlardan herhangi birine baktığımızda neyin ne için ne maksatla, hangi ihtiyaca cevap versin diye orada olduğunu görebiliyorsak, tasarlayacağımız bir model için buradan ilham veya fikir almak ve kendi tasarım amacımız ve ihtiyacımız yönünde ilerleyebileceğimizi de rahatlıkla söyleyebiliriz (Oğurlu, 2022).

Ekolojik mimarlık, sadece estetik, konfor, ekonomik sebeplerle hareket eden bir tasarım yaklaşımı olmayıp tasarıma yönelik çevresel biyo-bütünleşme ile ilgilidir. Yapılı çevremizde (binalarımız, tesislerimiz, altyapımız vb.) yaptığımız ve yaptığımız her şeyi doğal çevre ile bütünleştirebilirsek, canlıları ve ekolojik kaynakları korumayı amaçlayan bir yaklaşım tarzı benimsemiş oluruz (Yeang, 2007). Yapı tasarımının tabiata uyumlu olması gereği aslında çok uzun zamandır bilinmektedir. Zira geleneksel mimari yapılara baktığımızda insanoğlunun, uzun tarihi dönemler boyunca evlerini yaparken, yaşadıkları yerleşimin çevre ve iklim şartlarına elverişli çözümler ürettiklerini görmekteyiz. Buna göre mimari tasarımın doğal da çevre ve yerel iklim bilgilerini göz önünde bulundurarak tatbik etmek gerektiğinin esasen çok önceleri fark edildiğini söyleyebilmekteyiz (Aktuna, 2007). Nitekim geleneksel mimarının – hemen dünyanın her yerinde- tabiata uygun yapım tarzını temsil ettiği görülmektedir.

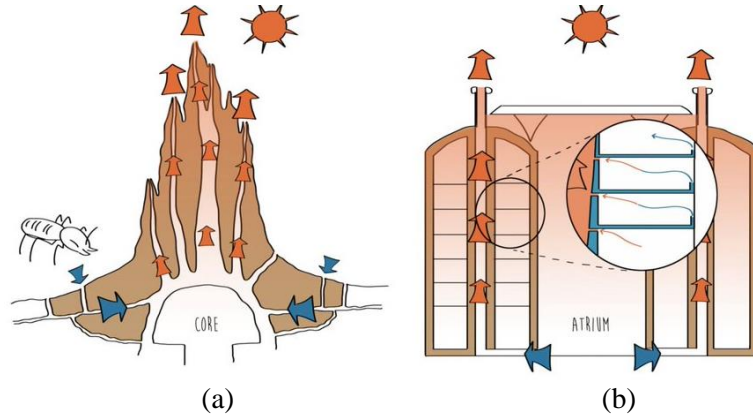
Ekolojik mimarlığın gündeme gelişiyle modern bina tasarım ve uygulamaları da sorgulanır olmuştur. Ekolojik mimarlığın konumuzla ilgili temel ilkeleri arasında başlıca; Ekolojik kent ve bölgesel planlama, ekolojik ulaşım alternatifleri, çevre dostu malzemelerin kullanımı, tasarımlarda iklim-yön faktörlerinin dikkate alınması, yapılarda enerji etkinliğini sağlamak, atık su ve yağmur sularının değerlendirilmesini sayabiliriz (Aytis ve Polatkan 2009).

Bu alanda gerçekleştirilmiş başarılı örnekler vardır. Ancak bu yolda alınacak bir hayli de mesafe bulunmaktadır. Tabiatında canlıların yuva ve barınak olarak yaptığı veya bulup kullandığı yapılarda gördüğümüz doğal havalanma, güneş ısısından tam yararlanma gibi özellikler, bizim

ekolojik binalarda da hedeflediğimiz özellikler olduğuna göre tabiatta, ekolojik bina konseptine hizmet edecek obje, strüktür, model veya işleyiş örnekleri bulmak da her zaman mümkün olacak demektir (Oğurlu, 2022).

Bu tasarım prensibine verilebilecek bir örnek olan ve Zimbabwe’de bulunan ofis ve konut binası olarak mimar Mick Pearce tarafından inşa edilen Eastgate Center binasında termit kulelerinin doğal havalandırma sistemini taklit edilmiştir (Holguera, 2018). Yuvalarını toprak yüzünde ve kule şeklinde kuran termitler, yuvada oluşturdukları yapı sayesinde dışarıdaki sıcaklık ne olursa olsun yuva içindeki sıcaklığı istedikleri derecede tutabilirler. Yuvada aşırı ısınmayı kulenin altında yer alan nemli odacıklardan, kulenin üstündeki odacıklara doğru buharlaşarak hareket eden su ile sağlarlar (Url-7). İçerideki nemin optimum seviyede tutulmasının sağlanması ise kulenin duvar kalınlığı ile olur. Kulenin sıcaklığı kule üstlerinde bir yere açılan bir delik vasıtasıyla sağlanır. Bu delik termitler tarafından dışardaki havanın sıcak ve soğukluğuna göre toprakla açılıp kapatılmakta ve böylece kule doğal olarak havalandırılmış olmaktadır (Holguera, 2018).

Termitlerin bu tekniği, Eastgate binasına aynen bir termit yuvasında olduğu gibi uygulanmış, havalandırma sistemi maliyeti, emsal bir binanın maliyetinin onda biri kadar olmuş ve bu sayede büyük ölçüde enerji kullanımı en aza indirmek ve sera gazı emisyonlarını azaltmak mümkün olmuştur (Url-7 ve Holguera, 2018). Binanın havalandırmasında binanın en alt katından en üstüne sürekli cereyan sağlayan doğal bir hava hareketi rol oynamaktadır. İlk kata fanlar ile çekilen hava oradan üst katlara ve sonra da bacadan dışarı verilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: (a) Termit höyüğünün mimarisi (b) Eastgate merkezi (Url-8)

Ekolojik mimarlık, bir binanın enerji gereksinimini en aza indirmeyi hedeflemek ve tasarım ile malzeme tercihinin bu yönde gerçekleşmesidir. Mimaride pasif tasarım ilkeleri uygulanırken, malzeme tercihi ve binaya entegre edilecek sistemlerle, binada ihtiyaç duyulacak enerjinin üretimine katkı sağlamak hedeflenmektedir (Bozdoğan, 2013).

Ekolojik malzemelerin tercih edilmesi, konvansiyonel malzemelere oranla bugün için daha maliyetli kabul edilse de uzun vadede kazanç sağlanacağı bilinciyle hareket edilmelidir. Ahşap ve kağıt paneller, hızlı büyüyen bitki türleri ve özellikle keten, kenevir deniz yosunu gibi yıllık bitkiler, mantar, saman balyaları, yeniden kullanıma uygun tuğla, doğal taş cinsleri, koyun yünü, toprak ve kerpiç, ekolojik tasarımlarda yer alabilecek başlıca malzemeler arasındadır (Aytıs ve Polatkan, 2009). Mesela Tokyo’lu mimar Shigeru Ban, tabiata zarar vermeyen ve dönüşebilir özellikli malzemelerden seçmesi ve projelerini alışılmışın çok dışında malzemeleri farklı ve en az atık doğuracak şekilde kullanılmasıyla şöhret bulmuştur. Bu mimar; kâğıt malzemelerle toplu konutlar, kilise, tiyatro binası, köprü, kütüphane gibi binalar yapılmıştır (Aytıs ve Polatkan, 2009).

Ekolojik Mimarlık; sürdürülebilir mimari ve yeşil mimarlardan daha üst ölçekte bir mimari yaklaşım olarak kabul edilebilir. Bunlar beraber, yeşil mimari, performans doğrultulu bir tasarım yaklaşımı ortaya koyarken sürdürülebilir mimarlık, sosyal ve ekonomik boyutları da dikkate alan doğayla barışık bir mimarlık yaklaşımıdır. Ekolojik mimari ise bunların hepsini içine alan bütüncül bir mimari yaklaşımı olmaktadır (Beyaztaş, 2012).

Çevreyle uyumlu tasarımda amaç; mevcut ekosistemin korunmasını sağlamak ve doğal yapının korunmasına dikkat edilmelidir. Doğal çevre sistemlerinin akılcı kullanılması (güneş enerjisinden faydalanma, doğal iklimlendirme, yeşil örtünün korunması gibi) da temel ilkeler arasındadır. Ancak daha iyi bir çevrede yaşamamız için tasarımın tek tek binalar ile sınırlı kalmayıp binaların da içinde yer aldığı ekolojik kent ve şehir bölgesel planlama ekolojik ulaşım alternatifleri gibi- daha geniş bir çevreyi kapsamaya gerekmektedir (Oğurlu, 2022).

2.1. Mimarlığın Tabiat İle İlişkisi

Mimari tasarım bağlamında doğa geçmişten bu yana insanların dikkatini çekmiş, esin kaynağı ve çözüm metodu olmuştur. Bu mantıkla antik çağdan beri insan tabiatı incelemiş; öğrendiklerini öykünerek, metaforik veya analogik fikirlerle mimaride değerlendirmiştir. Buna göre, kendine mekân var etme ihtiyacında olan insanın tabiata yaklaşımı, mimarinin yapısını oluşturmaktadır. Başka bir deyişle, mekân kültürünü tanımlayan esas ilke bireylerin tabiatla arasındaki ilişki olmuştur. Tabiatı algılamamız ve teknolojiyi kullanmaya başlamamızla beraber doğadan öğrendiklerimizi mimari tasarımda kullanma yöntemimiz toplumsal ve bilimsel gelişmelerle zenginleşmektedir.

Wright'a göre mimar bir yapıyı çalışmadan önce tabiatı çalışmalıdır. Pierson (1989) binaya canlı bir organizma gibi bakar (Beyaztaş, 2012). Ona göre nasıl ki insanda cilt, onu koruyan, yalıtan ve nefes alan bir yapı ise bina kabuğu da öyle olmalı, insan cildindeki gibi fonksiyon ifa edebilmelidir. Şu halde cilt ve deri, hem yapısı hem fonksiyonu ile bir binada taklit edilebilir (Beyaztaş, 2012).

Buckminster Fuller mimaride ekolojik olma fikrine farklı bir açıdan bakan bir başka önemli mimardır. Fuller (1932) "Putting The House In Order" adlı makalesine mimarinin, ekolojinin hizmetinde olması gerektiğiyle başlar. Fuller, doğada dinamik, fonksiyonel ve sonuç ürünleri hafif olan bir teknoloji olduğunu iddia etmiş ve doğa yapılaşmalarının optimum verimlilikte olmasının insan yapımı strüktürler için önemli ipuçları barındırdığını söylemiştir (Fuller, 1969). Bu düşünceden hareketle Fuller, yeni form, strüktür ve en az malzeme ile en fazla hacim diyerek, jeodezik kubbeyi geliştirmiş ve böylece hem ekonomik hem de ekolojik öneme sahip bir tasarım ortaya koymuştur (Fuller, 1969).

Tabiattaki malzeme ve formların sağlamlık, hafiflik, dinamik /statik yüke mukavemet etme, enerji korunumu sağlayan form ve yapı özellikleri gösterme ve ayrıca yalıtma, kendini onarabilme gibi özelliklerinin gözlenip, çözümlenerek modellenenmesinden sonra birçok bilim adamı gözlerini tabiattaki canlı ya da cansız nesnelere çevirmişlerdir (Url- 4).

Nitekim bugün itibarıyla yapılar, güneşe yönelme, yağmurda kapanma ve çevreye benzeri reflekslerle cevap verebilir hale gelmiştir. Mesela bir higroskopik sistem, dışarıdan ek enerji ve mekanizmaya gerek duymadan, tümüyle kendiliğinden hareket etmek suretiyle ortam nemine göre açılarak havalandırmaya imkân sağlayabilmektedir (Url- 3).

Tabiatla bağ kurma çabası mimaride, uzunca bir süre, doğa temelli birçok tasarım anlayışının ortaya çıkmasına yol açmasına rağmen hala tabiatı rol model olarak tasarlanmanın ötesine pek geçememiştir (Bayraktaroğlu, 2013). Halbuki tabiattaki mekanizmalar üzerinde yapılan çalışmalar göstermektedir ki, filden proteine kadar pek çok yapı, tasarımcılar için zengin bir

fikir havuzu oluşturmakta ve dolayısıyla tabiata entegre olma konusunda mimarlık için aslında zengin bir potansiyel barındırmaktadır (Bayraktaroğlu, 2013).

Geçmişten günümüze mimari tasarımda tabiattan makro ve mikro ölçekte yararlanan tasarım yaklaşımları görülmektedir. Bu tasarım anlamayışı doğayı anlamaktan ziyade strüktür ve formlarından biçimsel manada referans alma olarak kendisini gösterir. Tasarımcıların doğayı anlama çabaları neticesinde tabiattaki sistemin özüne ve mantığına uygun tasarım arayışları başlamıştır.

3. TASARIMDA TABİATI TAKLİT ETMEK: BİYOMİMİKRI

Biyomimetik, yaşam anlamına gelen Yunanca 'bio' ve taklit anlamına gelen 'mimesis' sözcüğünden türetilmiş ve canlı cansız varlıkların yeni tasarımlara esin kaynağı olması” biçimde tanımlanır (Uç, Z., 2014). Biyologlar, fizikçiler, kimyagerler ve malzeme bilimcileri tarafından doğada bulunan çeşitli nesnelere biyolojik işlevlerinin, yapılarının ve ilkelerinin anlaşılmasını içerir ve doğadan biyolojik olarak ilham alarak fikir üreten disiplinler arası bir yaklaşımdır (Ripley & Bhushan, 2016). Biyomimetik tasarımın kökleri, tabiatın gözlemlenmesi ve incelenmesine dayanmaktadır. Bu kavram yeni olmamakla birlikte teknoloji, biyoloji, doğal olayları anlayabildiğimiz, soyutlayabildiğimiz ve yeniden formüle edebildiğimiz için gelişmiştir.

Günümüz mimarlık pratiğinde kimi uygulamacı ve mimarlar tarafından tabiattaki döngünün prensipleri dikkate alınmak suretiyle daha sürdürülebilir ve yaşanabilir bir yapıyı çevrenin oluşturulmasına çalışılmaktadır (Url -6). Bu çalışmalarda, tabiatı aynen taklit etmek yerine, tabiattaki canlıların yapısal değişim ve dönüşümlerinin ardındaki bilinmeyenleri keşfedilmesi bu değişimlerin ya da dönüşümlerin tabiattaki hangi farklılıklara cevap oluşturduğunun anlaşılması ve bunun tasarım sürecine aktarılması amaçlanmaktadır.

Biyomimikri, tasarımda genel olarak biyomorfiden farklı değerlendirilir. Çünkü doğada bulunan yapıların ve süreçlerin ardındaki anlamı başka yeni çözümler uygulamak için anlamaya çalışır. Böylece ekolojik odaklı ve sürdürülebilir yeni tasarım modelleri önermektedir (Malad, 2013).

Biyomimikriyi konu alan ilk kitap ‘Biyo-inspiration’ yani biyolojik organizmalardan esinlenme 1997 yılında Janine M. Benyus tarafından basılmıştır. O zamana kadar en yaygın paradigma olan tabiatı taklit etme bu kitapla beraber doğadan öğrenme, esinlenme ve yorumlamaya dönüşmüştür. Ekoloji, teknoloji ve biyoloji kavramlarının tamamına aynı özeni göstererek biyomimikri anlayışı disiplinler arası iş birliği gerektirir. Tabiattan esinlenmek için doğa önce kendi kuralları ışığında anlaşılmalı ve bu kuralların referans alınması gerekmektedir. Bu sebeple Benyus, yapılan incelemeler doğrultusunda doğa ve mimarlık arasındaki ilişkiyi üç farklı biçimde değerlendirir; “model olarak doğa, ölçüt olarak doğa ve öğretmen olarak doğa” (Benyus, 2002, sf, 22). Bu yaklaşım içerisinde canlılar ve tasarımcılar birbirinden yararlanabilmektedir. Özellikle öğreten olarak doğa bakış açısının vurgulandığı biyomimetik yaklaşımında, tabiata zarar vermeden ve tabiatın problemleri çözme yöntemleri tasarımda uygulanarak gereksinimlerimizin giderilmesi amaçlanmıştır (Benyus, 2002).

Tabiatı model veya örnek alma metodolojisi, biyoloji bilgisi çok az olan biri için bile, nereye bakacağına ve tabiatın tasarıma nasıl katkı sağlayacağına dair bir fikir verebilir. Bu yöntemi kullanan biyomimetik tasarımın, iki farklı yönelim gösterdiği söylenebilir (Benyus, 2002). Tabiattaki bir durumu tanımlanması ve bu durumun tasarıma ne şekilde uyarlanabileceğinin araştırılması, “Biyolojiden tasarıma geçiş süreci”, bir tasarım probleminin tanımlanması ve bu gibi bir problemin tabiatta nasıl çözümlendiğini yani problem karşısında tabiatta ne gibi

çözümler bulunduğunun araştırılması “Tasarımdan tabiata geçiş süreci” olarak tanımlanır (Benyus, 2002).

Tabiatta mevcut metot ve sistemleri inceleyerek, modern mühendislik sistemlerinde ve teknolojilerinde kullanmak esasına dayanan biyomimetik, inşa edilen yeni çevreler, teknolojiler ve yapılar için model oluşturmaktadır. Mimarlıkta ise biyomimikri; kendi kendini onaran binalar tasarlamak, iklimlendirmelerde çevre faktörlerinden maksimum yararlanmak, enerjiyi korumak, kaynak tüketmeye değil üretmeye yönelmek, atıkları da değerlendirmek anlamlarını barındırmaktadır (Pawlyn, 2011).

Michael Pawlyn enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik kalkınma için köklü bir değişimin gerçekleşmesi gerektiğini savunmaktadır. Bunlar:

- Kaynak verimliliğinde radikal artış gerçekleştirmek.
- Kaynakları, çizgisel, tutumsuz, kirlilik yaratacak şekilde kullanmaktan kaçınarak onun yerine kapalı döngü modeline uygun kullanım sağlamak,
- Fosil yakıtları kullanan ekonomiden güneş enerjisi kullanan ekonomiye geçmek

Bu çözümlerin hayata geçirilebilmesi için gereken yöntem biyomimikridir. Çünkü bu tanımlanan döngü ve işleyiş, doğrudan tabiattaki doğal döngü ve canlılara işaret etmektedir (İnner, 2019).

Mimarlık ve tabiattan esinlenme denildiğinde literatürdeki en sık karşılaşılan paradigma, tabiattaki strüktür ve formların bir analogi ile binaya aktarılması olmuştur. Tabiatta incelenen oluşumların “ölçek”, “işlev” ve “oluşum süreçleri” itibariyle yapay strüktürlerden farklı olmasına rağmen, enerji korunumu, malzeme, hafiflik ve bu hafifliğe rağmen sahip oldukları dayanıklılık mimarlar için ilham kaynağıdır (Url- 4). Tabiattaki form ve malzemelerin ihtiyaç duyulan sağlamlık, hafiflik, dinamik ve statik yüklere dayanım, enerji korunumu sağlayan biçimsel ve yapısal özellikleri, sessizlik, kendini onarabilme gibi özelliklerinin gözlemlenmesi, çözümlenmesi ve modellenmesi birçok bilim insanının dikkatini tabiattaki canlı ya da cansız oluşumlara yöneltmiştir (Url- 4).

Hiçbir organizma bünyesinde fazlalık içermez; üstlenilen işlevi karşılamak için ne kadar gerekli ise o kadar malzeme kullanır. Mimarlıkta da amaç, en az malzeme ile binayı taşıtmanın yollarını bulmaktır. Yumurta ya da midye kabuğu, ağaç dalları, örümcek ağı gibi doğal strüktürlerden taklit edildiği birçok bina, taşıyıcısının etkinliğini tabiattan alınan ilhamla kazanmışlardır (Url- 3).

Tabiatta bulunan, farklılaşmış yapılanmalara bir örnek olarak, kemik dokuları ve özellikle de kuş kafatasları gösterilebilir. Biyomimetik araştırmalar sonucu kuş kafatasının kemik dokuları incelenmiş ve dokular arasında gözlemlenen boşluklu strüktür, mimari yapılar ve yapı elemanlarında taklit edilmiştir. Zira, kemik dokuları hayvan vücudunun en sağlam bileşeni olduğu halde ağır olmayıp vücut geneline oranla gereken hafifliğe de sahiptirler (Bayraktaroğlu, 2013). Özellikle kuş kemikleri içindeki hava boşlukları dolayısıyla son derece hafif ama aynı zamanda yeteri kadar da sağlamdır. Sağlamlık için gerekli yapısal bileşenler dışında hiçbir fazlalık barındırmayan bu yapı, mimari strüktürlerin optimizasyonu için bir süreç altlığı olarak kullanılmakta ve biyolojiden tasarıma geçiş sürecine iyi bir örnek oluşturmaktadır (Bayraktaroğlu, 2013).

Biyomimikri sadece formun kopyalanması veya strüktürün birebir uygulanması demek değildir. Amaç işlevsel olarak da yararlı olan bir dokunun, rengin veya formun yapıya da aynı avantajı verebilecek şekilde uygulanmasına imkân verecek bir çözüm bulabilmektir (Uçar, 2019). Bu sebeple, bir binanın yapımında tabiattan örnek alınan bir form uygulansa bile çözümün fonksiyonel bir yönü de olması tabiattaki işleyişinin binada da kendini göstermesi,

sözgelimi enerji sarfiyatını minimuma indirebilmesi veya tabiattaki kadar hafif-yalıtkan-dayanıklı vs. olması gereklidir (Uçar, 2019).

Renksel mimikrinin en harika örneği bukalemunda görülür. Bukalemun saniyeler içerisinde bulunduğu ortama adaptasyon sağlamak için derisini ortama aynı renge ve desene getirebilir. Biz bunu bina cephesinde kullanabilir miyiz acaba? Mesela kışın güneşli günlerde cephe renginin koyulaşması yazın ise rengin açılmasını sağlayan bir mekanizma nasıl olur?

Bazı bakteri türleri, uygun ortam şartları oluşturulduğunda kalsiyum karbonat salgılayarak kum, toprak gibi tabiatta kolaylıkla temin edilen materyalleri birbirine bağlamaktadır. Geleneksel mimarlıkta kullanılan kerpicin harcı karıldıktan sonra bir miktar bekletilmesi harca katılan bitkisel materyalin salgısı ve bunlarla beslenen organizmaların kerpiçte mayalanmayı sağlaması içindir. Bu, aslında doğal bir sürecin keşfedilmesi ve yapı malzemesine aktarılmasından başka bir şey değildir.

İnsanların dış ortam ile ilişkisi cilt yoluyla olmaktadır. Bunun mimari tasarımdaki karşılığı, yapının iç mekânını dış mekândan ayıran yapı kabuğudur (Url-3). Nasıl ki insan cildi, koruyan, yalıtan, nefes alan bir öge ise bina kabuğu da aynı fonksiyonları ifa etmelidir. Şu halde bir binada cilt ve deri yapısı ve fonksiyonları ile taklit edilebilir Nitekim geleneksel mimari anlayışta yapı kabuğu, bir enerji bariyeri olarak pasif şekilde işlev görmekteyken, artık aktif biçimde enerji kontrolü ve üretimi işlevlerini de üstlenmeye başlamıştır. Yapı kabuğunun atmosferik şartlara göre tepki vermesini ele alan ve ortamın nem düzeyine göre kendiliğinden açılıp kapanabilen bileşenlerin mimarlıkta uygulanabilirliği incelenmiştir (Url-3). Bilimsel gelişmeler sayesinde yapılar, canlı organizmalar gibi güneşe yönelme, yağmurda kapanma ve benzeri biçimlerde çevreye refleks tepkilerle cevap verebilir hale gelmiştir.

Biyomimikri tekniğinin en eski örneği olan fotovoltaiçler bitkilerin fotosentez yoluyla besin üretmesine benzer bir şekilde güneşten elektrik üretebilen yapılardır (Çelikel ve Uçar, 2020).

Arap Dünyası Enstitü Binası (Jean Nouvel, 1987) ışığa hassas metal diyaframlar sayesinde oluşturulan interaktif cephesiyle alanındaki ilk örneklerdendir. Bugün ise, artık bina tasarım çalışmaları, cephe sisteminin dış çeperine yerleştirilmiş sensörlerle kontrol edilen hava kapakçıkları sayesinde yapının doğal bir organizma gibi nefes alıp verebilmesini mümkün kılan tasarımların ortaya konulabildiği bir noktaya varmıştır.

Mesela Çin’de planlanan 'Habitat 2020' projesinde binalar, dışarıya açılıp kapanabilmekte, nefes alabilmekte, çevresine uyum sağlayabilmektedir. Dış kabuk, sadece yapıyı koruma-kapatma fonksiyonunu yerine getirmekle kalmayıp canlı bir deri gibi çalışmaktadır. Binaların cephesinde, yapraklarda olan hücresel delikler, gaz değişimi ve terlemeyi yapan gözenekli modüller vardır. Bu deri-yüzey kabuk, içeri ışık, hava, su alımını sağlayarak elektrik ve havalandırma sistemlerine ihtiyacı minimuma indirmektedir (Aytıs ve Polatkan, 2009).

Deniz kabukları, kemikler ve dişler, bileşenlerine göre üstün mekanik özellikler sergileyen, katmanlı, hiyerarşik bir yapıya sahip nanokompozitler olan biyomalzemelerdir. Bunun nedeni, biyolojik organizmaların karmaşık, katmanlı yapılarda kompozitler üretmesidir. Bu sistem malzeme sektörü için önemli bir referanstır (Ripley & Bhushan, 2016).

Arıların peteği, yük aktarımı ve sunduğu alan/hacim bakımından harika bir strüktürdür. Peteğin dolgu kısmına en yüksek düzeyde alan sağlayan altıgen yapılı petek gözlerinin yan yana gelişlerindeki uyum kusursuzdur. Altıgen modüler formun strüktürel ve konstrüktif avantajlarını kullanan Eden Projesi’nin üst örtüsü de geçtiği açıklık ve hafifliği ile etkin bir strüktürel yapı kabuğudur (Url- 3). Doğadan esinlenerek hayat bulan birçok tasarım örneği mevcuttur. Bunlardan bazıları Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1: Biyomimetik tasarım örnekleri

Yapı Örneği ve Doğanın Form Üretmede Referans Olarak Kullanılması	Biyolojik Referans	Genel Bilgi
<p>Münih Olimpiyat Stadyumu</p>  <p>Örümcek ağının doğal strüktürü</p> 	<p>Örümcekler çalıların üzerine bırakılmış bir örtüye benzer, zemin boyunca yayılan ağ, çalıların uçlarına tutturulan gergin iplikçiklerle taşınır. Bu taşıma sistemi, örümceğe, sağlamlıktan ödün vermeden, oldukça geniş bir alanda ağ kurma imkanı tanır (Uç, Z., 2014).</p>	<p>Örümceklerin ağ sisteminin oldukça hafif ve bir o kadar dayanıklı ağ yapısı strüktürel olarak asma germe sistemlerde, tasarımcılara ilham olmuş ve büyük hacimlerin üstünü örtmek sebebiyle pek çok yapıda örnek alınmıştır. Bu örneklerden bazıları şunlardır: Sydney'deki Ulusal Atletik Stadyumu, Cidde Havaalanı Hac Terminali, Münih ve Kanada'daki hayvanat bahçeleri, Schlumberger Araştırma Merkezi Binası, Denver Havaalanı ve Münih Olimpiyat Stadyumu (Uç, Z., 2014).</p>
<p>Clyde Oditoryumu</p>  <p>Armadillo</p> 	<p>1997 yılında açılan Clyde Oditoryumu'nda Armadillo adı ile bilinen zırlı bir hayvanın kabuk sisteminden esinlenilmiştir. Binayı bütünü ile çelik kaburgalar ve kirişlerle desteklenen bir iskelet sistemi oluşturmaktadır (Türkçü, 2009).</p>	<p>Söz konusu yapı yoğun bir trafik gürültüsüne maruz kalan mekânları gürültüden uzak tutarken, doğal ışıklandırmayı da engellemek için aradığı çözümü (yapıyı) tabiatta bulan bir proje sürecine sahiptir. Armadillo kabuğundan ilham alan bu proje bir ses duvarı yaratırken, mekânın ışık kalitesini de göz önünde bulundurmaktadır (Bayraktaroğlu, 2013).</p>
<p>Eiffel Kulesi</p>  <p>Uyluk kemiği yapısı</p> 	<p>İsviçreli mühendis Karl Culmann, uyluk kemiğinin yapısını inceleyerek gözenekli yapısına rağmen kemiğin, üzerinde oluşacak yük ve basınç etkisini azaltacak bir tasarıma sahip olduğunu fark etmiştir. Bu tasarım kemiğin içindeki uzantıların, insan ayakta durduğunda kemiklere etki eden kuvvet hatları boyunca düzenlenmiş olmasıdır.</p>	<p>Culmann aynı özelliğin bir dizi çivi ve destek sistemi ile sağlanabileceğini düşünmüştür. Gustave Eiffel tarafından tasarlanmış Eiffel Kulesinin daha az malzeme ile dayanımı ve esnekliği yüksek inşa edilmesini sağlamıştır. Eiffel Kulesi de uyluk kemiğindeki gibi, demir kıvrımları, metal çivi ve desteklerden oluşan karışık bir kafes örgü ile inşa edilmiştir. Bu örgü sayesinde kule, rüzgarın eğme ve makaslama kuvvetleri ile oluşan basınca rahatlıkla dayanabilmektedir (Eggermont, 2007).</p>

<p>Qizhong Stadyumu</p>  <p>Çin'in milli çiçeği 'Peony'</p> 	<p>Qizhong Stadyumu'nda bitkisel unsurlar hem fonksiyonel hem de biçimsel olarak kullanılmıştır. Bu yapıda, çiçeklerin güneş ve rüzgâra göre taç yapraklarını hareket ettirmesi prensibi taklit edilmiştir.</p>	<p>Stadyumun üst örtüsünü oluşturan yaprak görünümlü sekiz hareketli metal levha kapandığında yukarı yükselen sıcak hava tekrar stadyumun içine üflenerek ve aynı metal parçalar açıldığında dışardan gelen serin hava kontrol edilerek. Bu tasarımla, kapalı bir mekânı dış mekâna dönüştürmenin ötesine geçen hareket ettirilebilir levha sistemi ile yapı tasarımında da önemli bir gelişim örneği olmuştur (Starford, 2005).</p>
<p>Namibya Üniversitesi Hidroloji Binası</p>  <p>Namibya Çöl böceği</p> 	<p>Namibya çöl böceğinin su toplama sistemi, esas olarak sırtının özel tasarımına dayanır. Bu böceğin sırtı yer yer küçük tepeciklerden oluşan bir yüzeye sahiptir. Bu tepeciklerin aralarındaki boşlukların yüzeyi bir tür balmumu ile kaplı olduğu halde tepeciklerin zirvelerinde balmumu yoktur. Bu durum, böceğin suyu daha etkin bir şekilde toplayabilmesine yardım eder.</p>	<p>Parkes tarafından tasarlanan Namibya Üniversitesi Hidroloji Binası, sisteki sudan faydalanan bir dizi kemerli kabuk dizisi okyanusa bakan ve döndükçe sisi toplayan naylon ağdan yapılmış uzun bir perdenin arkasında konumlandırılmıştır. Şili ve Peru'da ağ, mümkün olan nemi tutabilmek amacıyla ağaçlar arasında gerilmektedir. Parkes, bu sistemi binanın altyapısıyla birleştirmiştir; ağ, doyma noktasına ulaştıkça yerçekimi nemi, oluklara yönlendirmekte ve bu sayede suyun tutulduğu yeraltı sarnıçları soğuk kalmakta, böylece buharlaşma önlenmektedir (Uç, Z., 2016).</p>

Mimarlıkta biyomimikri'nin en yaygın olduğunu alanın malzeme geliştirme olduğu görülmektedir. Malzeme alanındaki ar-ge çalışmaları;

- 1) Dışsal uyaranlara karşı tepki verebilen akıllı malzemeler,
- 2) Yüzey topografisiyle ilgili yüzey düzenlemeleri,
- 3) Yeni şekiller ve yapıları bünyesinde bulunduran malzeme mimarisi ve
- 4) Mevcut sistemlerin parametrelerinin düzenlenmesi ve iyileştirilmesi yönünde ilerlemektedir (Eryılmaz, 2015).

Mimarların tasarımlarında biyomimikri tasarım stratejisi olarak kullanımı, çevreye yayılan zararlı emisyonların azalması, güneşin kullanılması, termal konforun sağlanması, dayanıklı tasarımlar olması, verimliliğin sağlanması ve enerjiyi etkin kullanmasındaki rolünün önemi büyük olacaktır (Url-3).

Tabiattaki her canlı, minimum enerji harcayarak kaynakları korur. Tabiatta merak uyandıran bu gibi mekanizma ve tasarımlar, teknolojinin pek çok alanını zenginleştirme potansiyeline sahiptir. Biyomimetik; bize tabiattan öğreneceğimiz ve esinleneceğimiz birçok şeyin olduğunu göstermektedir. Hayatın kaynak israfı veya kirleticilere yol açmadan devam etmesi için gereken en zekice, en zarif ve en kestirme yolları tabiatta görmekteyiz (Oğurlu, 2022).

Ekolojik mimarlık ve ekomimikrinin; tabiattan ilham alma, tabiatı örnek alma, tabiatı taklit etme yönleriyle birbirine oldukça yakın yerlerde durduğu görülmektedir (Oğurlu, 2022). Mimari tasarımda, ekolojik tasarım ve biyomimikri gibi tabiata odaklanan diğer yaklaşımlar ise biyomimari ve biyofilik tasarımdır.

• **Biyomimari**

Biyomimari, biyo-ilhamı tasarımın tüm ölçeğinde ve bölümlerinde en başından bütün olarak ele alır. Evrensel insan problemlerini çözmede doğanın sunduğu çözüm ve fırsatları kullanmaya yönelik çok ölçekli bir yaklaşımdır. Biyomimari, Frank Lloyd Wright'ın popüler hale getirdiği bir hareket olan organik mimariden ayırt edilmelidir (Ripley & Bhushan, 2016). Organik mimaride, doğal dünya ve içinde oluşturulan mimari tasarımın, tüm parçaları bir bütün halinde dengeli bir uyum içinde var olur. Buna karşın biyomimari, mimarinin tasarımını, işlevini ve önemliliğini yönlendirmek için yaşayan doğadan ilham alır. Kısaca organik mimari fikri, mimariyi doğayla bütünleştirmeye çalışır; biyomimari, doğayı mimariye dahil etmeyi amaçlamaktadır (Ripley & Bhushan, 2016).

Biyomimari, hem doğrudan biyo-ilhamı hem de türetilmiş biyo-ilhamı kapsar. Doğrudan biyo-ilham mühendislik müdahalesi gerektirmez. Tasarımcılar ilham almak için doğrudan doğaya bakarlar. Öte yandan, türetilmiş biyo-ilhamda, tasarımcıdan önce bir tahmin ve yorumlama katmanı olarak bilim adamlarının ve diğer mühendislerin müdahalesi olmuştur (Ripley & Bhushan, 2016).

• **Biyofilik tasarım**

Yeşil tasarım ve ekolojik tasarım, insanın faydalanma ihtiyacı duyduğu doğal süreçlere fiziksel ve malzeme odaklı yaklaşırken, biyofilik tasarım, insanların fiziksel ve zihinsel ihtiyaçlarının doğayla bağlantı kurmaya yönelik insani bir eğilimdir (Kellert & Calabrese, 2015).

Kellert and Calabrese, (2015) şunu belirttiler, biyofilik tasarım, insanları doğal çevre ile yeniden bağlamayı amaçlayan sürdürülebilir bir tasarım stratejisi sunar bir süreci içerir. Biyofilik tasarım anlayışı; tasarlanan mekanda doğal havalandırma, sıcaklık, günışığı kullanımı, su, bitki örtüsü, manzara, insan dışı canlı yaşamının varlığını barındıran ortamlarda kendimizi daha iyi hissettiğimiz olgusunu esas alarak şekillendirilmeyi öğütlemektedir.

3.1. Tasarımda Ekosistemi Taklit Etmek: Ekomimikri

Biyomimikri bize tabiattan model, ölçü sistem ve fikir olarak alacak çok şeyimiz olduğunu öğretmiştir. Biyomimikri yaklaşımının merkezinde doğal süreçleri anlama ve tasarımda bu süreçlerden ilham alınması vardır. Doğal süreçlerin işleyişini bütüncül olarak görebileceğimiz yer ise ekosistemin kendisidir (Oğurlu, 2022). Ekosistemlerin tasarımlarda taklit edilmesi ise "Ekomimikri" olarak tanımlanmıştır. Ekomimikri ve ekolojik mimarlık tabiattan ilham alma, tabiatı örnek alma, tabiatı taklit etme yönleriyle birbirine oldukça yakın yerlerde durmaktadırlar. Belli bir tasarım problemini çözmek için en uygun yöntemi seçmek önemlidir (Pedersen, 2007).

Tabiata uyum için en pratik yol mimari tasarımı ekosistem temeline oturtmaktır. Bu sebeple mimari tasarımda hedef; ekosistemi taklit etmek, yani ekomimikri olmalıdır. Ekomimikride, bir ekosistemde işleyen prensiplerinin gözlenip tasarıma uygulanması şeklinde bir yol izlenir. Yani ekosisteme başarılı fonksiyonlar kazandıran prensiplerin taklit edilmesine çalışılır (Pedersen, 2007).


Bir bina, aynen tabiattaki tasarımlarda gördüğümüz gibi daha az enerji, en az kaynak kullanacak şekilde tasarlanmalıdır. Çünkü, Tabiattaki her canlı, ihtiyaçlarını karşılarken minimum enerji harcaması dolayısıyla kaynakları korur. Halbuki, kaynakların aşırı ölçüde kullanılması çevre sorunlarının temelini teşkil etmektedir. Tabiattaki bilinçli tasarım ve işleyişi ise en iyi doğal ekosistemlerde görebildiğimiz için ekomimikri sayesinde ileride binaların ekosistemler üzerinden şekilleneceği tahmin edilebilir (Oğurlu, 2022).

Bjarke Architecture Group (BIG) tarafından tasarlanan ve ekomimikri yaklaşımına uygun özellikteki Zira Island projesinde doğal bir ekosistemde olduğu gibi enerji tüketimi sıfır olan bir şehir hedeflenmiştir. Bu şehirde rüzgârdan enerji üretmek için rüzgâr türbinleri, güneş

enerjisinden enerji üretmek amacıyla yapıların çatı ve cephelerinde fotovoltaik paneller tasarlanmıştır (Yazıcıoğlu, 2020). Ekosistem temelli birçok tasarım örneği mevcuttur bunlardan bazıları Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2: Ekomimetik tasarım örnekleri

Yapı	Biyolojik Referans
<p>The Toadstool Shelter (Mantar Barınak)</p> 	<p>Mantar hem Avrupa hem de yerli Avustralya kültüründe perilerin mitolojik evi olarak kabul edilir. Toadstool Shelter’ın tasarımcıları, Great Southern arazisinde ormanda yürüyen insanların korunması için bir barınak konsepti tasarlarlarken bu fikri geliştiriyorlar (Marshall, 2007). Mantar barınağın belirgin rengi, kapağın orta katmanına gömülmüş ve düzenli olarak yüzey boyunca uzanan hidrojen birimlerden oluşur. Bu katman, üzerine düşen suyu tutar ve susamış orman yürüyüşçüleri tarafından içmek için çıkartılabilmektedir (Marshall, 2007).</p>
<p>The Editt Tower, Singapur</p> 	<p>Singapur Ulusal Üniversite'nin sponsorluğunda yapılan 26 katlı bina, kule tasarımına ekolojik bir yaklaşım sergilemeyi amaçlamaktadır. Editt Kulesi'nin yüzey alanının yaklaşık yarısı, cephenin ortam soğutmasına yardımcı olan yerel bitki örtüsü ile sarılacak bu sarmal manzaranın yanı sıra, yağmur suyunu toplayacak hem bitki sulama hem de gri su sistemine entegre edilecektir (Yeang, 2007). Binanın doğu cephesindeki fotovoltaik paneller, gerekli enerji ihtiyacının bir kısmını karşılaması planlanmıştır. Kule, birçok geri dönüştürülmüş ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanılarak inşa edilecektir aynı zamanda hareket ettirilebilir veya kaldırılabilen birçok duvar ve zemin ile geleceğe uyum sağlayacak şekilde tasarlanmıştır (Yeang, 2007).</p>
<p>Heliotrop Ev</p> 	<p>Heliotrop evi, mimar Rolf Disch tarafından 1990 yılında Almanya’da inşa edilen enerji üretimini en üst düzeye çıkarmak için güneşin hareketini izleyen bir sistem kullanan bir güneş enerjisi evidir. Bina dairesel bir kat planına, silindirik bir şekle sahiptir ve güneşle birlikte dönebilmekte ve böylece dış kabuğun farklı termal özelliklerine uyum sağlamaktadır (Gruber, 2011). Silindirik yapının ön tarafı tamamen camlıdır ve diğer cephesi yüksek ısı yalıtımlıdır. Güneş Evi, sıcak yaz günlerinde yalıtımlı arka tarafını çevirerek, evin serin kalması sağlanmaktadır. Heliotropun çatısında, güneşle aynı hızda olan büyük ölçekli bir fotovoltaik sistem vardır. Balkon parapetlerinde bulunan vakum tüplü kollektörler sıcak su ve mahal ısıtma sağlamaktadır (Gruber, 2011).</p>
<p>Dahili Yangın Koruma Sistemi</p> 	<p>Great Southern’in odunsu Kwongan bitkilerinden ilham alan yangın koruma sisteminde, duvar yapısını soğutmak için bir iç kumaş sistemi kullanılmıştır. Isı ve duman bir arada algılandığında çatıdaki tankta depolanan su, yavaş yavaş duvar boşluklarından salınır ve iç kumaşın şişmesine neden olur. Bu sistem ateşe ve ısıya karşı bir bariyer görevi görür. Şişen kumaş ağ ve neme dayanıklı membran ile duvar boşluğu içinde tutulur. Fazla su evin altından geçer ve yeniden sirküle edilmek üzere su deposuna geri pompalanır. Tasarımcılar, bu sistem için bir duvar boşluğunun olması koşuluyla tüm duvarlara uygulanabileceğini belirtmektedir (Marshall, 2007).</p>

<p style="text-align: center;">K Tower, Kuveyt</p> 	<p>Kuveyt'te, 260 m yüksekliğinde ikonik bir simge yapı olan K Kulesi ekolojik bir yapı olan bir diğer örnektir. Tasarımında 'cynarium' adı verilen bir çöl çiçeğinden ilham alınmıştır. Kule, bölgenin sıcak ve kurak iklimine hitap etmek için pasif bir tasarım modu olarak güneş yoluna ve rüzgar gülüne biyoiklimsel olarak yanıt verir. Ara gökyüzü kortları, iç katlardan dökülen havanın yardımıyla serin bir mikro iklim oluşturur (Yeang ve ark., 2008).</p> <p>Ofis kulesinin zirvesindeki çatı bahçesinden ve podyumun peyzajlı çatısından yağmur suyu toplanarak geri dönüşüme kazandırılıyor. Önemli bir tasarım özelliği, cephede ifade edilen binanın sürekli organik içeriğini destekleyen eko-iskelet yapısıdır. Güneş kırıcı cihazlar, kaplama sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır (Yeang ve ark., 2008).</p>
---	---

Ekomimikri, yalnızca doğadan öğrenmeye değil aynı zamanda tasarım ve sürecinde hayvan ve bitki türlerinin içsel değerlerine de saygılı olmaya çabalamaktadır. Dolayısıyla, tasarım çevre dostu değilse ve insan dışındaki canlı türlerinin varlığını tehlikeye atıyorsa, buna ekomimikri diyemeyiz (Marshall, 2007). Çünkü canlılar ekosistemin vazgeçilmez unsurlarıdır. Ekomimikri de ekosistemleri taklit etmektedir. Bunun sebepleridir ki, ekomimikri tasarımda tabiatı taklidin en üst/ileri seviyesi olarak kabul edilir. Ekomimikri ile bir yaşama çevresindeki tüm canlı varlığını koruyacak bir tasarımın ortaya konması hedeflenir.

3.2. Biyomimetik Uygulamaların Tahli

Biyomimikri, tabiatın kölece taklidiyle ilgili değildir, doğaya ilişkin yapılan gözlemlerin akıllıca seçilmesi ve bunların daha sonra karmaşık yapay teknolojilere dönüştürülmesiyle beraber tasarımda form taklidinden, ekosistem seviyesinde fonksiyon taklidine kadar geniş çalışma alanı oluşturur (Aldersey ve Williams, 2003). Guild'e (2006) göre biyomimikri eğilimleri: Form taklidinin ele alındığı seviye, süreç taklidinin ele alındığı seviye ve ekosistem taklidinin ele alındığı seviye olmak üzere üç seviyede gerçekleşir. Buna karşılık Pedersen bunları bir organizmanın, bir davranışın veya bir ekosistemin taklidi olarak üçe ayırır ve daha sonra bu seviyeleri de form, malzeme, yapım tekniği, süreç ve fonksiyon olarak altkümelere ayrılarak kapsamlı bir model oluştur (Bayraktaroğlu, 2013). Diğer bir ifadeyle biyomimikride tabiat her bir seviyede biçim, malzeme, yapı, süreç ve işlev olmak üzere beş ayrı boyutta taklit edilir. Belirli bir bitki veya hayvan organizmasının bütününün veya belirli bir parçasının taklit edildiği durumlarda organizma düzeyini taklide gidilmiş olmaktadır. Davranış düzeyi ise bir organizmanın nasıl davrandığına dair bakış açısının tasarıma uyarlanması olarak tanımlanabilir. Nihayet, ekosistem düzeyinde taklit vardır ki bunda ekosistemde işleyen prensiplerin tasarıma uygulanması şeklinde bir yol izlenir (Beyaztaş, 2012). Bunda tüm ekosistemin ve ona başarılı fonksiyonlar kazandıran genel prensiplerin taklit edilmesi söz konusudur (Pedersen, 2007).

Benyus (1997) ile Vincent ve arkadaşlarına (2006)'e göre ekosistemlerin taklidi biyomimikri kavramından ayrılamaz. Bununla beraber ekosistemlerin tasarımlarda taklit edilmesi farklı bir terim ile "ekomimikri" olarak da tanımlanmıştır. Marshall bu terimin güç, itibar ya da kazanç yerine insanların ve ekosistemin refahının ve sürdürülebilirliğin hedef alındığı bir biyomimikri çeşidi olduğunu söyler (Marshall, 2007). Pawlyn, ekosistem düzeyinde taklidin organizma ve davranış düzeyindeki taklitten çok daha karmaşık olduğunu ve derin araştırma gerektiğini belirtmiştir (Pawlyn, 2011).

İlginç bir durum, ekosistem seviyesinde biyomimikri hakkında kapsamlı mimari bilgileri olmayan araştırmacılar tarafından bile bu yaklaşımla uyuşan projeler önerilmiş olmasıdır. Mesela Bjarke Architecture Group (BIG) tarafından tasarlanan “Zira Island Projesi” buna örnek olarak verilebilir. Bu projede, aynen bir ekosistemde olduğu gibi enerji tüketimi sıfır olan bir şehir kurulması hedeflenmiştir. Bu şehirde rüzgârdan enerji üretecek rüzgâr türbinleri, denizin tuzlu suyunu taze suya dönüştürüp kullanacak su arıtma sistemleri tasarlanmıştır. Projede, kullanılan sular ısıtma- soğutma sistemleri için veya bitkilerin su ihtiyacını gidermek için kullanılması, güneş enerjisinden enerji üretmek amacıyla yapıların çatı ve cephelerine fotovoltaiik paneller konulması tasarlanmıştır. Bu tasarım bu ada şehrinin ekosistem gibi çalışmasını sağlamıştır (Yazıcıoğlu, 2020).

Benyus’un (1997) tasarımların ve yeniliklerin faydalı olup olmadığını test edebilmemiz ve tabiatta bunun örneği veya karşılığı olup olmadığını anlamamız için sıraladığı sorular (Marshall, 2007) ve bu sorulara karşılık mimari tasarımı biyomimetik yaklaşıma yöneltecek biyolojik ipuçları Tablo 3’te verilmektedir;

Tablo 3: Benyus’un (1997) tasarım başarı irdelemesi ve bunun tabiattan biyolojik örneklerle açılımı

Benyus’un (1997) Tasarım Başarı İrdelemesi	İrdelemenin Biyolojik Örneklerle Açıklanması
Gün ışığında çalışıyor mu?	Yeryüzündeki bütün enerjinin (fosil yakıtlar da dâhil olmak üzere) ana kaynağı Güneş olduğu ve bütün canlılar enerjileri için bu kaynağa muhtaç olduklarından, tasarımda doğrudan güneşten enerji almak idealize edilebilir. Bunun da en kestirme yolu gün ışığından yararlanmaktır. Bu sebeple güneş ışığından faydalanabilen bir tasarımın da doğrudan biyomimetik örneği oluşturur.
Yalnızca ihtiyacı olan enerjiyi mi kullanıyor?	Tabiatta hiçbir canlı ihtiyacından fazla enerji tüketmek istemez. Sahip olduğu enerjiden ancak ihtiyacı kadarını harcar. Çünkü enerjinin üretimi maliyetlidir. Hayatını korumak, beslenmek, tabiat şartlarıyla baş etmeye çalışmak gibi.
Fonksiyonuna uyan bir biçimi var mı?	Bir canlının vücut yapısı (morfolojisi) yaşama tarzına (biyolojisine) uygun olduğu için bütün organları ergonomik ve enerji sarfiyatı bakımından ekonomik olarak çalışır. Aksi halde organların kullanırken gereksiz yere fazla enerji kullanacak, hem de rahat (ergonomik) kullanamayacaktır. Mimari tasarım da bu mantığa göre şekillendirilmelidir.
İşi biten her şeyi geri dönüştürebiliyor mu?	Tabiatta atık yoktur. Kullanımı biten madde veya cisim vardır. Kullanımı biten her bir madde/cisim başka canlı için materyal olur. Ömrünü tamamlayıp kuruyan dalın, kuşa yuva materyali olması, yuva dağılıp toprağa karıştığında bitkiye besin maddesi olması gibi. Mimari tasarımda bu işleyiş taklit edilebildiği ölçüde tasarım başarılıdır.
İşbirliğinin karşılığını veriyor mu?	Tabiatta canlıların iş birliğine cevap veren davranış örnekleri çoktur. Simbiyotik ilişki iki canlının bir organizma şeklinde hareket etmesi, yardımlaşarak hayatlarını sürdürmesi durumudur. Yapıya dış cepheyi kaplayacak şekilde büyümesine izin verilen bir sarmaşık bitki için, yapının duvarları bitkiye tutunacak destek oluştururken, bitki de dal ve yapraklarıyla yapıyı sıcak havalarda ısı fazlasından, soğukta ise ısı kaybindan korur. Mimarlıkta buna benzer her tasarım yapı elemanlarını korumaya ve işlevini arttırmaya hizmet eder.
Çeşitliliğe imkân veriyor mu?	Aynı alanı (habitatı) paylaşan canlı türlerinin diğerlerini güneş, besin, yuva vs. ihtiyaçları bakımından engellemeden bir arada yaşayabilmeleri, kaynakları paylaşmaları sayesinde olmaktadır. Mesela bir kuş türü yuva yapmak için ağacın tepe dallarını tercih ederken, bir diğeri ağaç gövdesindeki oyucu, bir başkası ise topraktaki deliği tercih

	etmektedir. Aynı durum besin konusunda görülür. Kuş türlerinden biri yapraklardaki turtullar ile, diğeri, gövde içindeki kurtla, öbürü ise toprak solucanı ile beslenir. Bu tercih ve kullanım farklılığı aynı alanda birden çok türün yaşamasına, yani çeşitliliğe imkân verir. Mimari yapılaşmada arazi yapısındaki farklılıklardan, güneşin geliş yönünde göre seçilecek farklı cephelerden yararlanarak yapı ve yapılaşmada çeşitlilik sağlanabilir.
Yerel uzmanlıktan faydalıyor mu?	Her canlı ihtiyacını en kısa mesafeden karşılamaya ve çevresindeki diğer canlılardan yararlanmaya çalışır. Tabiattaki bu durumun taklit edilmesi halinde yapı için en yakındaki kaynakların kullanılması yoluna gitmek gerekecektir ki bu ekolojik mimarlığın temel ilkelerinden birini oluşturmaktadır.
Kendi aşırılıklarını engelliyor mu?	Tabiat, kullandığı enerjiyi maksimize etmek yerine ihtiyaç duyduğu enerjiyi kullanırken, şartları optimize etme eğilimindedir.
Güç sınırlarının üstünde mi?	Tabiat sınırların gücünden faydalanır. Doğada bulunan canlı veya cansız, her türlü varlıktan alınan ilhamla karşılaşılır. Öyle ki bir köpekbalığı derisinden ilham alan antimikrobiyal malzemeden, hücre stomasının çalışma prensibine kadar geniş bir çeşitlilikte sunulan örnekler vardır. Bu bağlamda doğadan alınan ilhamın enerji veya başka problemi çözmek hususunda kullanılmasının sınırı yoktur.
Güzel mi?	Tabiatta hiçbir canlı için “ <i>çirkin, rahatsız edici bir görünüşe sahip</i> vs” demeyip olsa olsa “ilginç, tuhaf” dediğimizi hatırlayacak olursak, bu, mimari tasarım için de bir ölçü ve estetik-benzersizlik konusunda bir örnek veya fikir oluşturabilir.

Pedersen Zari, konuya Benyus'tan (1996) farklı tarzda yaklaşarak biyomimesis'e iki kategoride yaklaşabileceğini belirtmiştir: Bunlardan ilki, insan ihtiyaçlarını ve tasarım problemlerini tabiata bakarak çözmektir ki Zari buna “tasarımın biyolojiye bakması” demektedir. Öteki yaklaşımda ise bir organizmanın veya ekosistemin belirgin davranışlarının ve fonksiyonlarının tasarıma uyarlanması söz konusudur ki Zari bunu da “biyolojinin tasarımı etkilemesi” şeklinde ifade etmiştir (Pedersen, 2007). Buna göre bir tasarım probleminin çözümü ya tabiatta aranır ya da tasarım başlangıçtan itibaren tabiattan alınır. Tasarımın biyolojiye baktığı yaklaşımda, tasarımcılar tasarım sürecinde karşılaştıkları bir problemin hallini, biyolojik bir sistem içerisinde bulup onu tasarıma uygularlar.

Mevcut mimari pratik içerisinde, biomimikri, şimdilik her ne kadar daha ziyade üretim bazlı ve malzeme ağırlıklı bir tasarım yaklaşımı olarak algılansa da önerdiği ekosistem seviyesinde biyomimikri (ekomimikri) sayesinde ileride binaların ekosistemler üzerinden şekillenebileceği öngörülmektedir. Bu öngörü, tasarımcıları ekosistemleri anlamaya ve doğal süreçleri deneyimlemeye teşvik etmektedir (Bayraktaroğlu, 2013).

Biyomimetik araştırmalarının en büyük yararı, doğanın evrimi sırasında yapılan iyileştirmelerden yararlanan optimal tasarımların türetilmesine ve doğal kaynakların daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir şekilde verimli kullanımına olanak sağlamasıdır (Ripley & Bhushan, 2016). Bu bakımdan tabiata uyumun en emin ve kestirme yolu mimari tasarımı ekosistem temeline oturtmak, yani ekosistemleri taklit etmektir.

4. EKOSİSTEM TEMELLİ TASARIM MODELİ

Yapı tasarımını yerel ekosisteme entegre etme ve yaşam alanlarını tabiat deneyimi üzerinden oluşturma yaklaşımının mimari pratikte büyük ölçüde kabul gördüğü söylenebilir (Bayraktaroğlu, 2013). Ekosistem temelli tasarım modelinde, ele alınan dört ihtiyaç; yerel ekosistemin yenilenme sürecine, fonksiyonel sürekliliğine, mimari tarafından ele alınmış tarzına ve insan ile ekosistemin etkileşimlerine dair sorgulayıcı ve yön gösterici bir içerik oluşturmaktadır Ekosistem temelli tasarım modelinin kriterlerini oluşturan; tecrübe etme, denge, döngü ve organizasyon kavramları tasarımların fiziksel ve fonksiyonel bir bütünlük içinde buldukları araziye uyum göstermelerini sağlamaktadır.

Teoride gayet mümkün gibi görünen ekosistem temelli yapı tasarımı fikrinin, pratikte bir hayli zorluklarla karşılaşacağı sanılmaktadır. Ortaya çıkabilecek zorluklar büyük ihtimalle sosyal ve ekonomik düzenden kaynaklanacaktır.

Biomimikrik tasarımlar ise mekânsal tasarımlardaki sorunlara, sürdürülebilir çözümler sunabilmek, yapıda kullanılan malzeme kalitesini artırmak ve tabiattaki tahribatı ortadan kaldırmak açısından önemlidir.

Yapılar tabiatla birçok çevresel faktör üzerinden etkileşim halindedirler. Bu faktörlerle kurulan fiziksel etkileşim ilk olarak kabukta gerçekleşir. İç ve dış mekan arasındaki ilişkiyi belirleyici bir misyon ve düzenleyici bir fonksiyon ifa eden kabuk, yapının ekolojik olması noktasında da önemli bir role sahiptir. Kabuk; gerek biçimi ve gerekse fonksiyonu itibariyle iç mekân ile dış ekosistem arasındaki ilişkiyi belirleyen önemli bir mimari unsurdur (Beyaztaş, 2012).

Mimarlıkta biomimikri tabiata uyum sağlayarak mimarlıkta sürdürülebilirliği yakalama gayretidir. Yani tabiatın bilincini yine tabiata uyumlu bir bina inşa etmede kullanmaktır. Tabiattaki bilinçli tasarım ve işleyişi ise en iyi doğal ekosistemlerde görebilmekteyiz. Şu halde tasarımda doğrudan ekosistemi taklit etmek (Ekomimikri) mümkündür. Biyomimikri bugün için daha çok malzeme ağırlıklı bir tasarım yaklaşımı olarak algılanmakta, buna karşılık ekomimikri ile ileride binaların ekosistemler üzerinden şekillenebileceği öngörülmektedir (Oğurlu, 2022).

5. SONUÇ

Dünyada giderek artan nüfus, küresel ısınma, hızlı kentleşme, sanayileşme ve kaynakların sınırlı oluşu yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırarak enerji verimliliği ve yüksek enerji tasarrufu gibi konular, sürdürülebilir çözümler bulma konusunda önem taşımaktadır.

Mimarlığın doğa bilimleri ile olan ilişkisi yeni olmamakla beraber, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren doğadaki canlıların nasıl yaşamını sürdürdüğü, çevre faktörlerine karşı nasıl ayakta durabildiği ve organik sistemler araştırılarak, tasarım kararları ve üretim yöntemleri aralarında ilişkiler kurmak mümkün olmuştur.

Mimarlığın doğa ile kurduğu ilişki, esasen “tabiattakinden ilham almak” olagelmıştır. Zira tabiatta tasarıma örnek olacak sistem, obje ve modellerin her zaman bolca bulunduğunu görmekteyiz. Araştırmalar tabiattaki birçok nesnenin, tasarımcılar içinengin bir fikir havuzu ve zengin bir potansiyel barındırdığını göstermektedir.

Günümüzde mimari tasarımda tabiattan, formlarından ve doğal süreçlerinden esinlenme, yeni biçim arayışları, sürdürülebilir ve ekolojik mekan veya malzeme arayışları mimari tasarımda yeni kapılar açmıştır. Disiplinler arası bir yaklaşım olan “Biyomimesis” tasarımda birçok problemin cevabını, doğa ile uyumlu olabilmek, sürdürülebilir ve ekolojik bir çevre tasarlamak için biyolojik sistem ve süreçlerden esinlenen yenilikçi çözümler üretmek vermeye adaydır. Mimarlıkta biyomimikri'nin en yaygın olduğunu alanın malzeme geliştirme olduğu görülmektedir. Tabiattaki malzemelerin ve formların özelliklerinin gözlemlenmesi,

çözümlemesi ve modellenmesi dikkatleri tabiattaki oluşumlara yöneltmiştir. Bu alanda gerçekleştirilmiş başarılı örnekler vardır. Tabiatta gözlemlenen malzemelerin enerji korunumu, hafiflik ve bu hafifliğe rağmen sahip oldukları dayanıklılık, mimarlar için ilham kaynağıdır. Bilimsel gelişmelerle binalar, canlı organizmalar gibi güneşten faydalanma, yağmurdan korunma ve benzeri durumlarda çevreye refleks tepkimelerle cevap verebilir hale gelmiştir.

Biomimikriyi esas alan tasarımcılar, tabiatın ilham alarak veya tabiatı taklit ederek bulunduğu çözümlerin en ideal çözümler olduğunu iddia etmektedirler. Tabiatın örnek alırken çözümün fonksiyonel yönü de olması, yani form yanında tabiattaki işleyişinin binada da tezahür etmesi gereklidir. “Bir bina, aynen tabiatın olduğu gibi kaynak tüketimini azaltacak şekilde tasarlanmalı ve kullanım ömrü sonunda diğer tasarımlar için kaynak oluşturmalıdır.

Ekolojik tasarım insanı tabiatın ayrı görmemekte, tabii çevre ile yapay çevrenin bütüncül olarak ele alınmasını sağlamaktadır. Mesela ekolojik tasarımda yapının bulunduğu çevre ve arazi, bir canlı gibi değerlendirilmektedir. Şu halde canlıları ve buldukları ekosistemler taklit edilebilir ve edilmelidir. Bu amaçla geliştirilen ekolojik mimarlık tabiatla uyumlu veya tabiatla uyumlu mimari yapılar ortaya koymaktır. Ekolojik mimarlık ve ekomimikri tabiatın ilham alma, tabiatı örnek alma, tabiatı taklit etme yönleriyle birbirine oldukça yakın yerlerde durmaktadırlar.

Biyomimikri seviyeleri organizma seviyesinde bir formun taklidinden, ekosistem seviyesinde bir fonksiyonun taklidine kadar geniş bir organizasyon şeması içermektedir. Biyomimikride tabiat her bir seviyede beş ayrı boyutta taklit edilir: Bunlar biçim, malzeme, yapı, süreç ve işlevdir. Ekosistemlerin taklidi demek olan “ekomimikri - biyomimikri” kavramından ayrılamaz. Biyomimikri daha çok malzeme ağırlıklı bir tasarım yaklaşımı olarak algılansa da ekomimikri ile ileride binaların ekosistemler üzerinden şekillenebileceği öngörülmektedir.

Mimarlıkta biomimikri sadece bir şekil arayışı değildir; tabiatla uyum sağlayarak mimari tasarımda sürdürülebilirliği yakalama gayretidir. Yani tabiatın bilincini yine tabiatla uyumlu bir bina inşa etmede kullanmaktır. Tabiattaki bilinçli tasarım ve işleyişi ise en iyi doğal ekosistemlerde görebilmekteyiz. Bu bakımdan tabiatla uyumun en emin ve kestirme yolu mimari tasarımı ekosistem temeline oturtmaktır. Bu sebeple mimari tasarımda hedef ekomimikri olmalıdır. Ancak teoride cazip görünen ekomimikri ve ekosistem temelli yapı tasarımının, uygulamada, sosyoekonomik faktörler sebebiyle birtakım zorluklarla karşılaşacağı düşünülmektedir. Uzun vadede kullanım maliyetlerini düşürmek, yapıda kullanılan malzeme kalitesini artırmak ve tabiattaki teknoloji kaynaklı tahribatı ortadan kaldırmada elzem bir faktör olarak görünen biomimikri tasarımlardan vazgeçmek mümkün görünmemektedir.

Hemen hemen her alanda kendisini gösteren ekolojik yaklaşım mimari tasarım ve bina sektöründe de hızla öne çıkmış bulunmaktadır. Ancak kavramsal yaklaşımların uygulamaya dönmesi ve mimarlığın tabiatla tam bütünleşmesi canlı varlıkların ve onların içinde yaşadıkları ekolojik sistemin, yani ekosistemlerin iyi anlaşılmasını gerektirmektedir. Bu ise canlıların morfolojik yapısından başlayarak ekosistem faktörleri ve bileşenlerinin gözlem ve analiz edilmesiyle mümkün olmaktadır. Esasen, bu analiz ve incelemeler sonucu geliştirilmiş başarılı bir hayli mimari tasarım örneği bulunmaktadır. Ne var ki tabiatın canlı varlıklar birbirinden bağımsız olarak yaşamadıkları, birbirleriyle sık bir ilişki ve etkileşim içinde olduklarının da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu durum, bizi tek tek bina tasarlamaktan öteye gitmeye, bulunduğu ortamla, yani ekosistemle aktif ilişki halinde olan binalar tasarlamaya zorlamaktadır. Bu ihtiyaca cevap verecek yaklaşım ise biyomimetik ve ekolojik mimarinin bir adım ötesinde yer alan ekomimikri yaklaşımı ve uygulamaları olmaktadır. Şayet mimari tasarım, mekan tasarımı noktasına taşınıp bu mekanlar da ekosistemle uyumlu çalışan bina toplulukları ve yerleşimler olarak tasarlanabilirse mimarlık çok önemli bir aşama kaydetmiş olacaktır.

KAYNAKÇA

- Aktuna, M. (2007). Geleneksel Mimaride Binaların Sürdürülebilir Tasarım Kriterleri Bağlamında Değerlendirilmesi-Antalya Kaleiçi Evleri Örneği, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi Mimarlık Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Aldersey, H., ve Williams (2003). *Zoomorphic - New Animal Architecture*, London.
- Aytıs, S., Polatkan, I. (2009). Ekolojik Mimarlık Kavramı ve Temel İlkeler, *Uluslararası Ekolojik Mimarlık ve Planlama Sempozyumu*, Ankara.
- Bayraktaroğlu, Ö.E. (2013). Mimarlıkta Ekosistem Düşüncesiyle Tasarlamak, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi Mimarlık Anabilim Dalı*, İstanbul
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: *HarperCollins*
- Benyus M. J., (2002). *Biomimicry*, *Harper Collins Book Publishers*, New York
- Beyaztaş, H.S. (2012). Mimari Tasarımda Ekolojik Bağlamda Biçim ve Doğa İlişkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi Mimarlık Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Bousselot & ark. (2020). Green Roof Research in North America: A Recent History and Future Strategies, *Journal of Living Architecture*, (7)1, pp.27-64.
- Bozdoğan, B. (2013). Mimari Tasarım ve Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi Mimarlık Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Çelikel, S.B., Uçar, S. (2020). Biyomimikri: Doğayla Uyumlu Yeni Bir Tasarım Modeli. *Humanities Sciences*, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.2.4C0235. 15(2):51-60.
- Eggermont, M. (2007). *Biomimetics As Problem-Solving, Creativity and Innovation Tool*. *Schulich School of Engineering*, University of Calgary.
- Eryılmaz, H. (2015) Biyomimikri ve Ergonomi: Tasarımda Doğadan Yenilikçi İlham. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve *Tasarım Dergisi*, 3(3): 469-474.
- Fuller, B. (1932). *Putting the House in Order*. New York: *Shelter Magazine*
- Fuller, B. (1969). *Utopia or Oblivion: The Prospects for Humanity* Overlook Pres, New York.
- Gruber P., (2011). *Biomimetics in Architecture*, Strauss GmbH, Morlenbach, Germany.
- Holguera, M.G. (2018). *Ecomimetics: An Ecosystem-Based Biomimetic Design Method for Innovative Built Environment*
- İnner, S. (2019). Biyomimikri ve Parametrik Tasarım İlişkisinin Mimari Alanında Kullanımı ve Gelişimi, *Tasarım Enformatiği*, 1(1),15-29.
- Kellert, S., & Calabrese, E. (2015). *The Practice of Biophilic Design*. London: *Terrapin Bright LLC*, 3, 21-46.
- Nkandu M.I. & Alibaba H.Z. (2018). Biomimicry as an Alternative Approach to Sustainability, *Architecture Research*, 8(1): 1-11DOI: 10.5923.
- Malad, C., (2013). "Ekomimesis- Biomimetic Design For Landscape Architecture", February.
- Marshall, A. (2007). The Theory and Practice of Ecomimicry, *Sustaining Gondwana*, Issue 3, ISSN 1834-6278.

Oğurlu, İ. (2020). Ekolojik Mimarlık, İstanbul Ticaret Üniversitesi Çevre ve Doğa Bilimleri UAM/ *Akademik Sunumlar*. <https://ticaret.edu.tr/cevre-ve-doga-bilimleri-uygulama-ve-arastirma-merkezi/wp-content/uploads/sites/46/2021/11/ekolojik-mimarlik-idr.pdf>

Oğurlu, İ. (2022). Ekolojik Mimari Tasarımda Tabiatı Taklidin Çerçevesi, 7. *Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi*, Kongre Kitabı ISBN 978-625-7367-50-9.

Pawlyn, M., (2011). *Biomimicry in Architecture*, RIBA Publishing, London.

Pedersen, Z.M. (2007). Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability, *Sustainable Building Conference*, New Zealand.

Ripley, R. L., & Bhushan, B. (2016). Bioarchitecture: Bioinspired Art and Architecture—A Perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2073), 20160192.

Starford, M. (2005). *Towards A New Biological Age*, *Unpublished Thesis*.

Uçar, S. (2019). Mimari Açından Biyomimikrinin Tasarım Paradigması Olarak Değerlendirilmesi, *SETSCI Conference Proceedings*, 4 (3): 213-219.

Yazıcıoğlu, A.B. (2020). Yapı Kabuklarının Termoregülasyonu: Biyomimetik Bir Yaklaşım, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Mimarlık Anabilim Dalı*, Ankara.

Yeang, K. (2007). Designing The Ecoskyscraper: Premises for Tall Building Design, *The Structural Design Of Tall and Special Buildings*, 16(4), 411-427.

Yeang, K. ve ark. (2008). Ecoskyscrapers and Ecomimesis: New Tall Building Typologies, In *Proceedings of the 8th CTBUH World Congress on Tall & Green: Typology for a Sustainable Urban Future*, Dubai, 3-15.

Uç, Z.B. (2014). Mimari Tasarımda Biyomorfik Yaklaşımlar, Yakın Doğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *İç Mimarlık Anabilim Dalı*, Lefkoşa.

Uç, Z.B. (2016). Mimari Tasarımda Biyomimetik Yaklaşımın Kavramsal İçeriği, *Uluslararası Doğa Bilimleri ve Mühendisliği Konferansı (ICNASE'16)*, 2994-3002, ISBN 978-605-83631-1-3.

İNTERNET KAYNAKLARI

URL – 1 <https://medium.com/sherpa-blog-bulten/biyomimikri-do%C4%9Fan%C4%B1ntasar%C4%B1m%C4%B1-18e89673b445> (Erişim Tarihi: 18.04.2022)

URL - 2 <https://yapidergisi.com/mimarligin-doga-ile-iliskisinde-yeni-bir-boyut-biyotasarim/> (Erişim Tarihi: 18.04.2022)

URL – 3 <https://yapidergisi.com/biyomimetik-tasarim-yaklasimi-ve-mimari-uygulamalar/> (Erişim Tarihi: 18.04.2022)

URL – 4 <https://v3.arkitera.com/g146-biomimicry.html> (Erişim Tarihi:12.03.2022)

URL – 5 <https://www.gencimimarlar.com/post/do%C4%9Fayi-takli%CC%87t-tasarimda-bi%CC%87yomi%CC%87mi%CC%87kri%CC%87> (Erişim Tarihi:11.02.2022)

URL-6

<http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=390&RecID=3354> (Erişim Tarihi: 28.12.2022)

URL – 7 <https://sanalmecmua.com/2021/04/15/dogayla-tasarlamak-mimarlikta-biyomimikri/> (Erişim Tarihi: 17.01.2023)

URL – 8 <https://www.youtube.com/watch?v=5FZ9Ryx5zAk>