

## OFİS YAPILARINDA BİYOMİMETİK TABANLI UYARLANABİLİR CEPHELERİN İNCELENMESİ

### BIOMIMETIC BASED OFFICE BUILDINGS INVESTIGATION OF ADAPTABLE FACADES

Zeynep MASMAS<sup>1</sup>- 0009-0006-7687-6908,

Hakan İMERT<sup>2</sup>- 0000-0001-9216-8596

#### ÖZET

Günümüzde ofis yapılarının kurumsal dünyada büyümeyi teşvik eden, çalışanların refahını ve performansını artıran ekosistemlere dönüştüğü görülmektedir. Bu bağlamda çalışma kapsamında ofis binalarında cephe tasarım yöntemleri içerisinde biyomimetik yaklaşımdan etkilenen yapı kabuklarının olumlu etkilere yol açabileceği düşünülmektedir. Bu etkileri açıklığa kavuşturmak için biyomimetik tasarımın potansiyel uyarlanabilirlik ile etkileşimi üzerine araştırma yapılarak dünya çapındaki çeşitli ofis binalarından seçilen örnekler analiz edilmiştir. Uyarlanabilir cephe tasarımlarının biyomimetik tasarımın alt parametrelerine olan uyumuna göre çıkan sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada araştırmanın örnekleme dair veriler toplanarak, nitel araştırma yöntemiyle analiz edilmiştir. Enerji etkinlik ve biyomimetik arasında bağlantılar kurularak gözleme dayalı olarak elde edilen bulgular değerlendirilmiş, uyarlanabilir cephe tasarımlarının biyomimetik yaklaşımın alt

<sup>1</sup> Lisansüstü Öğrencisi-Mimar, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, zeynepmasmas@outlook.com

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, hakan.imert@izu.edu.tr

\* Bu makale İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı'nda tamamlanmış aynı adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

*parametrelerine olan uyumu ortaya konmuş, sürdürülebilir ve sonuç olarak enerji etkin tasarımların oluşmasında biyomimetik cephelerin etkin rol oynayabileceği görülmüştür.*

**Anahtar Kelimeler:** *Biyomimetik, Uyarlanabilir Cephe, Ofis Yapıları, Yapı Kabuğu.*

#### **ABSTRACT**

*In the contemporary era, office buildings have evolved into complex ecosystems that facilitate growth within the corporate realm and enhance the well-being and performance of employees. In this context, it is hypothesized that the biomimetic approach to building facades in office buildings may yield positive outcomes. To elucidate these effects, research was conducted on the interaction of biomimetic design with potential adaptability, and selected examples from various office buildings around the world were analyzed. The results were evaluated in accordance with the compatibility of adaptive façade designs with the sub-parameters of biomimetic design. In this study, data on the sample were collected and analyzed using a qualitative research method. By establishing connections between energy efficiency and biomimetics, the findings obtained through observation were evaluated. It was revealed that adaptive facade designs comply with the sub-parameters of the biomimetic approach and that biomimetic facades can play an active role in the formation of sustainable and ultimately energy-efficient designs.*

**Keywords:** *Biomimetics, Adaptive Facade, Office Buildings, Building Envelope.*

## 1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca toplumlar yaşamın devamlılığı üzerine düşünmektedir. Temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için doğa ile bir mücadele halinde bulunmaktadır (Susam & Özdemir, 2024). Bu bağlamda insanoğlunun ihtiyaçlarının zamana göre farklılaşması, teknolojiye ilerlemeler ile doğaya zarar veren kaynakların kullanımındaki artış çevrede bozulmalara yol açmış ve canlıların yaşamını olumsuz yönde etkilemiştir (Gökşen, Güner & Koçhan, 2017). Bu süreçte insanlar doğayı izlemiş, doğada gördükleri farklılıkları takip etmişlerdir. Doğayla ilgili gözlem yoluyla anlaşılacak bilgiler ve bu bilginin insan problemlerine aktarılması yeni yaklaşımlar aranmasına yol açmıştır. İnsanlarda tıpkı diğer canlılar gibi çevresinde bulunan nesnelere ve doğal varlıkları öğrenmeye, yaşamlarında kullanmaya başlamışlardır. Tasarım ölçütlerinde en temel aldıkları kıstas rüzgâr yönü, topografya, güneşin konumu gibi doğa olayları olmuştur (Erşahin, 2022).

Bu bağlamda, mimarlık disiplinde çalışan uzmanlar karşılaştıkları çevresel ve gelişen teknoloji ile şekillenen mekânsal sorunların olumsuz sonuçlarına çözümler üretebilmek için doğadan öğrendiklerini taklit etmeye başlayarak tasarıma ilham kaynağı olabilecek alternatifler geliştirmeye odaklanmışlardır (Aydın Yazıcıoğlu, 2020). Doğanın öğretici olması prensibinden hareket ile yapılara ait cephelerin tasarım sürecine de yönelinmiş, daha az enerji tüketen, doğaya asgari ölçüde zarar veren, geri dönüştürülebilir ve enerjisini yenilenebilir kaynaklardan elde eden tasarımlar oluşmaya başlamıştır (Karadağ & Çakmaklı, 2020). Bu bağlamda ofis yapılarının çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması noktasında uyarlanabilir cephelerle ve biyomimetik tasarımın etki ettiği yapı kabuklarıyla bütün olarak çalışmaya ihtiyaç duyduğu anlaşılmıştır. İç ortam ile dış ortam arasında ara yüz olan cepheler, biyomimetik yaklaşımda önemli rol oynamaktadır. (Gündoğdu & Arslan, 2020).

Bu çalışmada, doğal çevreyle olan uyumun artırılması noktasında ofis yapılarına ait uyarlanabilir cepheler doğadaki sistemlerden ilhamla tasarlanabilir mi? sorusuna odaklanılmış; uyarlanabilir cephe tasarımlarının Zari'nin (2007) bir hiyerarşi içerisinde oluşturduğu biyomimetik tasarım düzeylerinin alt parametreleriyle olan etkileşimine göre çıkan sonuçların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Bu araştırma güncel örneklem bütünlüğünü yeterli oranda sağlayabilmek adına son 20 senede üretilmiş biyomimetik tabanlı uyarlanabilir cephelere sahip ofis yapıları seçilerek oluşturulmuştur. Örneklemin seçiminde proje aşamasında ya da uygulanması tamamlanmış olan çeşitli ölçekte projelere yer verilmiştir. Bu doğrultuda uyarlanabilir cepheler ile biyomimetik tasarım yaklaşımları sınıflandırılarak ofis yapılarıyla etkileşimleri çeşitli görseller üzerinden incelenmiş ve kavramsal bir zemin oluşturulmuştur. Araştırmanın örnekleme dair veriler toplanarak, nitel araştırma yöntemiyle analiz edilerek tablolştırılmıştır. Analizin derinleştirilmesi için biyomimetik tasarım yaklaşımlarına ait alt parametreler kullanılmış, doğa ile uyum sağlayabilen uyarlanabilir cephelerin biyomimetik alt parametrelerinin karşılanma durumuna göre ofis yapısı örnekleri değerlendirilmiştir.

## 3. MİMARİDE UYARLANABİLİR CEPHELER

Cepheler en basit tanımıyla iç ve dış mekânı ayıran bir tasarım elemanı, başka bir tanımla, “dış hava değişkenleri ve iç mekân dinamikleri arasında statik bir bariyerdir” (Fechey-Lippens & Bhiwapurkar, 2017). Cepheler mimari tasarımda uyarlanabilirliğe katkı sağlayan yapı elemanlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Öztürk, Ferah & Tunca, 2022). Uyarlanabilir cepheler ile binanın performansı genel olarak iyileştirilmekte ve içinde bulunan koşullar dikkate alınarak enerjiden tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca, kullanıcıların gereksinimlerine hızlıca cevap verilerek, konfor düzeyinin yüksek seviyeye çıkması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda uyarlanabilir cephe ve akıllı cephe kavramları literatürde birlikte kullanılabilir. Literatürde “akıllı” terimi değişen iklim şartları ve bu iklim şartlarına uyum sağlayabilen binalar için kullanılmaktadır. Cephelerde bu akıllı teriminin içerisine dahil olduğunda bu terim “uyarlanabilir” olarak değişmiştir. Uyarlanabilir cepheler etkilerini gerçek zamanlı bir şekilde çevreye göre adapte edebilmektedir. Bu nedenle de konvansiyonel yapılara göre doğaya daha yüksek oranda uyum sağlanması mümkün olmaktadır. Farklı coğrafi alanlarda inşa edilmiş olan uyarlanabilir cephe sistemleri, bina teknolojileri ile içerisinde gelişim göstermektedir (Gündoğdu & Arslan, 2020).

Uyarlanabilir cephe sistemlerinde işleyiş ve sınıflandırma ise birçok alt parametrede değerlendirilmektedir. Literatürde araştırmacılar bu cephe sistemlerini farklı alt başlıklarda inceleme yoluna gitmişlerdir. Bu doğrultuda kültürel yapı, sosyal yapı ve yaşam şekilleri, kitlesel veya örgütsel yapı, çevresel şartlar, mekânsal özellikler, teknik sistemler, kullanıcı müdahalesi gibi alt başlıklar kullanılmıştır. Schnädelbach (2010)'e göre uyarlanabilir cephe bileşenlerini detaylı pratikler ile alakalı kategoriler dizisi izlemektedir. Tasarım çerçevesi; cephenin hangi tepkiler, öğeler, yöntemler ve adaptasyon etkisine göre uyarlanabildiğini gösteren adımlardan oluşmaktadır. Araştırmacılar uyarlanabilir cepheleri sınıflandırabilmek için Schnädelbach'e benzer adımları takip etmişlerdir. Uyarlanabilir cepheler için genel bir sınıflandırma olmamakla birlikte en önemli noktalardan birisi kontroldür. Uyarlanabilir cephelerde kontrol iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Dışsal kontrol istenen ile mevcut durum arasındaki geri bildirim uyarlamaya dönüştürmektedir ve yapının üzerindeki kontrolü dağıtan merkezi sistemler üzerinden yapılmaktadır. İçsel kontrolde ise çevresel etkiler dönüştürülmekte ve süreç direkt olarak kontrole dayanmaktadır. Ayrıca, uyarlanabilir cephelerde makro ölçek ve mikro ölçek olarak iki farklı hareket sistemi mevcuttur. Makro ölçekte çoğunlukla büyük ölçekli uyarlamalara ihtiyaç vardır ve dışsal kontrolle uyumlu çalışmaktadır. Mikro ölçekte ise uyarlamalar içsel davranış ile şekillenmekte ve küçük bir ölçekte gerçekleşmektedir (Velasco, Brakke & Chavarro, 2015).

#### **4. BİYOMİMETİK YAKLAŞIMLAR İLE OFİS CEPHELERİNİN ETKİLEŞİMİ**

Cepheler biyomimetik tasarım stratejilerinde önemli yere sahiptir. Binaların ömrü boyunca cephelerde oluşan hasarlar; yapıların tasarımı, inşaatı, kullanımı ve dönüştürülmesi sırasında meydana gelmektedir. Yaşam döngüsü tasarım stratejilerinde; yapı öncesi dönem, yapı dönemi ve yapı sonrası dönem yöntemleri yer almaktadır. Yapı öncesi dönemde; arsa seçimi, uzun ömürlü ve esnek tasarımlı yapılar ortaya koyma gibi yöntemler bulunurken, yapı döneminde; atık yönetimi, kirliliği önleme, yapımda çalışan kişilerin güvenliğini koruma gibi yöntemler bulunmaktadır. Yapı sonrası dönemde ise geri dönüştürülmüş, alternatif malzeme kullanımı, malzeme tasarrufu sağlayan yapı gibi yöntemler kullanılmaktadır (Paker & Taş, 2017). Bu yaşam döngüsü stratejileri ile enerji kaynaklarının tüketilmesinde cepheler rol oynamaktadır.

Bu sebeple bina yapımında ve kabuğunda enerji tasarruflu ve çevreye duyarlı tasarımlar önem kazanmaktadır. Hem iç mekân hem de dış mekân için ara yüz olan cephe, doğrudan dış ortamlarla temas eden katman olması sebebiyle önemli bir paya sahiptir. Cepheler yenilenebilir enerji kaynaklarıyla (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi gibi) ilişki halindedir ve enerji verimliliği de doğrudan teknolojinin sunduğu fırsatlarla sağlanabilmektedir (Gündoğdu & Arslan, 2020). Literatürde biyomimetik cepheler incelendiğinde uyarlanabilir cephelerde enerji verimliliği sağlanmasında fonksiyonel morfolojiler veya anatomiler ile biyomekaniklerin rol aldığı görülmektedir. Ekolojik veya enerji tasarruflu yapı cephelerinde doğanın çözümlerini kullanan biyomimetik cepheler, çevreci çözümler için özelleşmiştir (Arslan & Gönenç Sorguç, 2007).

#### **4.1. Doğadan İlham Alan Tasarım: Mimaride Biyomimetik**

Doğada görülen form-yapı-işlev üçlemesinin “var olma” görevini yerine getirmeye yönelik karmaşık oluşum sürecinin, mimari tasarımda tüm potansiyelleriyle uygulamaya olanak sağlaması için çalışılması gerekmektedir. Biyomimetik, sistematik analiz ve sentez yolları sayesinde bu keşif sürecinde ilgi alanına özgü metodolojilerin geliştirilmesine olanak tanıyan yeni bir “araç” olarak değerlendirilmektedir (Arslan Selçuk, 2009).

Mimarlık ve doğa arasında benzerlikler oldukça fazladır. Mimarlık ürünü olarak görülen ve mimari bir eser olan yapılar hareketsiz olmaları dolayısıyla doğada bulunan taşınmaz varlıklarla benzerlik göstermektedir. Örneğin; tek bir yerde sabit olarak bulunmaları, benzer boylarda olabilmeleri, aynı çevre koşullarına maruz kalmaları nedeniyle ağaçlar ve yapılar arasında bir ilişki kurulmaktadır (Khelil, 2015). Ağaçlar ve kayalar çevrenin bir parçası olarak varlığını sürdürmekte, yapılar yapıldıktan sonra o çevrenin bir parçası olmakta ve ağaçlar gibi çevresel etkilere maruz kalmaktadır (Fecheyr-Lippens & Bhiwaparkur, 2017).

Mimarlık ve doğa ilişkisi içerisindeki önemli konulardan birisi de biyomimetik tasarım ile oluşturulmuş stratejilerin mimarlıkla ilişkisinin açıklanmasıdır (Aslan, 2019). Çevreye zarar vermemenin en iyi yolu doğal sistemlere benzer şekilde davranarak onun bir parçası gibi hareket etmektir. Bu doğrultuda, doğadan ilham alarak tasarım üretme süreci organizmadan ekosisteme kadar geniş bir etkileşimi yapıya entegre etmek mümkün olmaktadır. Bu entegrasyon sürecinde yapıların doğayla etkileşiminde artış sağlanmaktadır (Erşahin, 2022; İmert, 2023).

## **4.2. Mimarlıkta Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları**

### **4.2.1. Biyolojiyi Arayan Tasarım**

Biyolojiyi arayan tasarım yaklaşımının literatürde; “yukarıdan aşağıya yaklaşım”, “probleme dayalı biyolojik ilham alınan tasarım” gibi farklı şekillerde tanımlandığı görülmektedir (Aziz & El Sherif, 2015). Biyolojiyi arayan tasarımda tasarımcılar, çözümler için ilk olarak yaşadıkları dünyayla ilişki kurmakta; biyologlar tarafından yapının yapılacağı bölgedeki sorun tanımlanmakta; daha önce bu sorunla karşılaşıldığında nasıl çözümlendiği incelenmektedir. Bu yaklaşımla tasarımcılara ilk tasarım amaçlarını ve parametrelerini belirlemede kolaylık sağlanmaktadır (Zari, 2007). Biyolojiyi arayan tasarım yaklaşımında ilk olarak problemin tanımı yapılır. Daha sonra ise problemin kapsamı ve biyolojik çözüm araştırması yapılmaktadır. Araştırma sonucu bulgular ile biyolojik çözüm tanımlanarak prensipler tespit edilip uygulama aşamasına geçilmektedir (Aslan, 2019).

### **4.2.2. Tasarımı Etkileyen Biyoloji**

Tasarımı etkileyen biyoloji; “çözüme dayalı biyolojik ilham veren tasarım” ve “biyolojiden tasarıma” gibi farklı isimlerle farklı şekillerde adlandırılmıştır (Aziz & El Sherif, 2015). Tasarımı etkileyen biyolojik yaklaşımda ilk olarak probleme ait çözümün tanımı; daha sonra prensiplerin tespiti, çerçevesi, problem araştırması ve problemin açıklaması yapılmaktadır (Aslan, 2019). Bu yaklaşımın avantajları; biyolojide önceden belirlenmiş problemler haricinde, daha önce olmayan teknolojiler ya da sistemlerin ve tasarım çözümlerindeki yaklaşımların sonucunda oluşmasıdır (Vincent vd., 2006). Dezavantajı ise biyolojik araştırmanın yürütülmesi ve sonrasında tasarım bağlamıyla alakalı tanımlanması gerekliliğinden kaynaklanmaktadır (Zari, 2007).

## **4.3. Biyomimetik Tasarımın Uygulanma Düzeylerine Bakış**

Zari (2007)'ye göre; biyomimetik tasarım yaklaşımlarından hem problem odaklı (biyolojiyi arayan tasarım) hem de sonuç odaklı (tasarımı etkileyen biyoloji) tasarım yaklaşımında organizma, davranış ve ekosistem düzeyi olmak üzere üç farklı biyomimetik seviyesi bulunmaktadır. Organizma düzeyinde biyomimetride bir hayvan veya bitki gibi organizmanın

tamamı ya da bir kısmı ilham alınmaktadır. Davranış düzeyinde; bu organizmanın nasıl tepki verdiği, nasıl davranış gösterdiği gibi daha geniş kapsamlı sonuçlar aranmaktadır. Ekosistem düzeyinde ise; ekosistemin taklit edilmesi ve işlenmesi sağlamaktadır.

Organizma, davranış ve ekosistem düzeyinin her birinde ise beş farklı olasılık bulunmaktadır. Bunlar; tasarımın nasıl yapıldığı (yapım aşaması), tasarımın ne şekilde işlendiği ya da ne yapılabildiği (işlev), tasarımın neye benzediği (form), tasarımın neyle yapıldığı (malzeme) ve tasarımın oluşma sürecidir. Termit örneği üzerinden Zari 'den (2007) uyarlanmış biyomimetik düzeylerinin farklı yönlerinin tasarıma nasıl ve ne şekilde etki edebileceği Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Termit Örneği üzerinden biyomimetğin uygulanışı (Zari 'den derlenmiştir, 2007)

Biyomimetik Düzey	Biyomimetik Unsur	Örnek: Termitleri taklit eden bir bina
<b>Organizma Düzeyi</b> (Belirli bir organizma taklidi)	Form	Yapı form olarak termitle benzer forma sahiptir.
	Malzeme	Yapı malzeme olarak termite benzemektedir. Dış derisini taklit edebilmektedir.
	Yapım	Yapım olarak termite benzer şekilde inşa edilmektedir. Çeşitli büyüme evrelerinden geçmektedir.
	Süreç	Süreç olarak yapı bir termit gibi çalışmakta, genlerin kopyalanma sürecinde hidrojen üretmektedir.
	İşlev	Yapının işlevleri termite benzemektedir. Selüloz ağı gibi işlev görebilmektedir.
<b>Davranış Düzeyi</b> (Bir organizmanın nasıl davrandığı ya da daha geniş bağlamda nasıl ilişkilendirilebileceğinin taklidi)	Form	Yapı termit yapmış gibi algılanmaktadır. Örnek olarak; termitte bulunan tepecığe benzeyebilmektedir.
	Malzeme	Yapı termit yapılırken kullanılan malzeme ile benzer malzeme kullanılarak yapılmış gibi görünmektedir.
	Yapım	Bina termit yapılırken kullanılan benzer çözümlerle inşa edilmektedir.
	Süreç	Yapı termitlerde bulunan tepecikle aynı yöntemlerle çalışmaktadır.
	İşlev	Yapının fonksiyonları termit gibi işlemektedir.
<b>Ekosistem Düzeyi</b> (Bir ekosistemin taklidi)	Form	Bina yapısı termitlerin yaşayabileceği ekosisteme benzemektedir.
	Malzeme	Yapı termit ekosistemiyle benzer malzemelerden yapılmıştır. Örneğin doğada yaygın olarak kullanılan maddeler kullanılmakta, birincil kimyasal olarak su kullanılmaktadır.
	Yapım	Bina bir termit ekosistemi olarak bir araya getirilmiştir. Örneğin karmaşıklık ve ilkeler zamanla artar.
	Süreç	Bina tıpkı bir termit ekosistemi gibi çalışmaktadır. Örneğin güneş enerjisini dönüştürür ve suyu depolar.
	İşlev	Bina, termit ekosistemine benzer bir işleve sahip olabilir ve süreçler arasındaki ilişkileri kullanan karmaşık bir sistemin parçası olabilir.

#### 4.4. Biyomimetik Strüktürlerin Sınıflandırılması

Biyomimetik strüktürlerin sınıflandırılmasında araştırmacılar taklit ettikleri doğayı yorumlayıp kullanmış ve ihtiyaçlarını karşılayabilmek için sürekli geliştirmeye odaklanmıştır. Bu



doğrultuda; biyomimetik tasarım içerisinde bulunan mimari strüktürler şu şekilde sınıflandırılmıştır: ağaç benzeri strüktürler, iskelet benzeri strüktürler, ağ benzeri strüktürler, pnömomatik strüktürler ve kabuk benzeri strüktürler.

#### 4.4.1. Ağaç Benzeri Strüktürler

Ağaç benzeri strüktürler, doğadaki büyüme ve çoğalma fikrini temsil etmektedir. Gövdesi, dalları, yaprakçıkları ve yapraklarının düzeni, mimari sistemleri anımsatmaktadır. Modern ağaç benzeri yapılara araştırmacılar tarafından verilen yaygın örneklerden biri Almanya'daki Stuttgart Havaalanı Yolcu Terminali'nin üst çatı örtüsüdür. Meinhard von Gerkan tarafından büyük ölçüde eğimli tavan, ağırlıklı dal ve gövdelerden oluşan karmaşık bir hiyerarşi içerisinde ağaç benzeri on iki çelik strüktür tasarlanmıştır. Daha özgül olarak, Stuttgart Havalimanı, terminal çatısının bir ağacın yapısına benzer şekilde modellenmesinin sonucu olarak ayırt edici bir özelliğe sahiptir (Bkz. Şekil 1) (Arslan Selçuk, 2009).



Şekil 1. Ağaç Benzeri Strüktür: Stuttgart Havaalanı Yolcu Terminali (Özdemir & Selçuk, 2016)

#### 4.4.2. İskelet Benzeri Strüktürler

Doğadaki morfolojilerin çoğu yakından incelendiğinde, iskeletteki her bir kemik ile iskelet sistemi, doğanın kinetik tasarım için karmaşık, hafif ve sert bir yapıyı nasıl yarattığını göstermektedir. Doğadaki morfolojilerin çoğunun mimari yapısal unsurun temelini oluşturduğu düşünülmektedir. Doğal yaşamda, iskelet ve omurga destek/koruma sağlamak için iş birliği içerisinde çalışmaktadır. İskelet strüktürler, yapı kabuğu şeklinde bir muhafaza oluşturmanın yanı sıra çatıları da desteklemektedir. Buna benzer olarak dünyaca ünlü Eyfel Kulesi'nin inşası sırasında mimar Maurice Koechlin'e ilham kaynağı olan insan vücudundaki en hafif ve güçlü

kemik femur kemiği, gözenekli yapısı nedeniyle kendi kendini havalandırma özelliği göstermektedir (Şekil 2) (Williams, 2003).



Şekil 2. İskelet Benzeri Strüktür: Eyfel Kulesi (sol) ve Femur Görselfi (sağ) (Williams, 2003)

#### 4.4.3. Ağ Benzeri Strüktürler

Ağ benzeri yapılar küçük ağırlığına rağmen yüksek yük taşıma kapasitesine sahiptirler. Ağ benzeri yapılar membran özelliği göstermekte ve çadırlar bu strüktürler için önemli bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda çadırların doğada bulunan ağ benzeri yapılara benzeyen yapay membran yapılar olarak düşünölmektedir (Beukers, 1999). Frei Otto, geleneksel çadırların kullanımını esnek, hafif yapılar için bir model olarak öne çıkarmaktadır (Bkz. Şekil 3) (Otto & Rasch, 1995).



Şekil 3. Ağ Benzeri Strüktür: Münih Olimpiyat Stadı (URL-1, 2024)

#### 4.4.4. Pnömatik Strüktürler

Doğada ortaya çıkan pnömatik yapılar; bitkilerin ve hayvanların formlarında kolayca bulunabilmektedir. Pnömatik yapılar, tek bir yapı ile gerilime dayanıklı, esnek zarfın bir dolguyu çevrelediği bir sistem ile geliştirilmiş ve inşa edilmiştir (Dent, 1972). Pnömatik strüktürler; modern mimaride, işlevsel nedenlerden çok estetik nedenlerle yaygın olarak

kullanılmaktadır. Yeni formların araştırılmasında daha az sınırlamanın olduğu nesne tasarımı alanında yüksek teknoloji malzemelerin erişilebilirliği sayesinde Maurice Agis pavyonları ile Architects of the Air ve Buildair ofis örneklerinde görüldüğü üzere pnömomatik strüktürler dikkat çekmektedir (Bkz. Şekil 4) (Arslan Selçuk, 2009).



Şekil 4. Pnömomatik Strüktürler: Archipelago (sol), Architects of Air (sağ) (Topham, 2002).

#### 4.4.5. Kabuk Benzeri Strüktürler

Kabuk benzeri strüktürler; yüksek esneklikleri, düşük malzeme gereksinimleri, geniş yayılma kapasiteleri ve barınak sağlama yetenekleri nedeniyle doğadaki yaygın ve etkili yapısal bileşenler arasındadır (Melaragno, 1991). Yapıdaki kabuk formu, çeşitliliği ve tasarımı, onu çalışmalarında ilham kaynağı olarak kullanan birçok sanatçıya katkı sağlamıştır. İstiridyeler, deniz tarakları, salyangozlar ve diğer deniz yumuşakçaları formlarında tasarlanan Sydney Opera Binası ve L'Océanogràfic gibi yapıların geometrisi ve barınak sağlama yeteneği, mimari tasarım süreçleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur (Bkz. Şekil 5) (Karaduman Ercan, 2018).



Şekil 5. (sol) Sydney Opera Binası, (sağ) L'Océanogràfic (URL-2, 2024; URL-3, 2017)

#### 4.5. Biyomimetik Mimarlığın Ofis Yapılarının Cephelerine Etkisi

Biyomimetik yaklaşım mimarlıkta; mekân organizasyonu, nazım planı, iç mekân tasarımı, yapı cephesi gibi açılardan tasarımı desteklemektedir (Erşahin, 2022). İçinde bulunulan zaman gereksinimlerine göre ise cephelerde istenenler değişkenlik göstermektedir. Sadece soğuk ya da sıcak havadan etkilenmemek için inşa edilen dört yanı kapalı yapılar zamanla boşluklar kazanmıştır. Pencerelessin yetersiz kaldığı yerde cepheler saydam yapılmıştır. Enerji tüketimini minimumda tutan biyomimetik tabanlı ofis yapılarına katkı sağlayan uyarlanabilir cephelerin tasarımı, mimarların tasarım süreçlerinde kullandığı en etkin yapı elemanlarından biri haline gelmiştir (Gündoğdu, 2020). Bu doğrultuda cephe tasarımında alınan kararların binanın işlevini çevreyle olan uyum üzerinden etkilediği açıktır, bu nedenle biyomimetik ofis yapısı örneklerinde uyarlanabilir cephelere sıkça rastlanmaktadır. Uyarlanabilir cepheler doğadan ilhamla tasarlanan parametreler ile birleşerek, ofis yapılarının mimarisinde insanların yaşam kalitesini ve konforunu artıracak bir nevi yapı zarfı görevi üstlenmektedir.

## **5. OFİS YAPILARINDA BİYOMİMETİK TABANLI UYARLANABİLİR CEPHE ÖRNEKLERİNE BAKIŞ**

Bu bölümde dünyanın farklı bölgelerinde son 20 yıl içerisinde projesi ya da inşası tamamlanmış biyomimetik tabanlı ofis yapılarının uyarlanabilir cephe örnekleri incelenmiştir. Ofis yapılarında uyarlanabilir cephelerin biyomimetik tasarıma ait alt parametreler üzerinden derinlemesine bir analiz süreciyle değerlendirilerek güçlü/zayıf yönlerinin ortaya konması ve yeni oluşacak tipolojiler üzerinde yapılacak önerilere katkı sunma potansiyelleri bağlamında çalışma için literatürde sınırlı olarak var olan araştırmalar haricinde son 20 seneye odaklanmış farklı ilham özelliklerine sahip bir örneklem bütünü seçilmiştir.

### **5.1. Capital Gate Tower**

2011 yılında tamamlanan Capital Gate binası Birleşik Arap Emirlikleri'nin Abu Dhabi kentinde yer almaktadır. Bu yapı, 18 derecelik eğime sahip, dünyanın en geniş eğimli insan yapımı kulesidir (Bkz. Şekil 6) (Gate & Dhabi, 2012). Deniz ve çöl, kulenin kıvrımlı tasarımını büyük ölçüde etkileyen iki temel coğrafik özelliktir. Ana binanın tasarımının kumdan oluşan spiral bir rüzgâr perdesine benzemesi ve "sıçrama" adı verilen kavisli kanopinin okyanus dalgalarına

benzemesi amaçlanmıştır. Doğadan esinlenen bu tasarımda bina bir deniz ekosistemine benzer işlevde hareket etmekte ve süreçler arasındaki ilişkiyi kullanarak karmaşık sistemin parçası olabilmektedir (URL-4, 2022).



Şekil 6. Capital Gate Tower Cephesi (URL-4, 2022)

## 5.2. Al Bahr Kuleleri

Birleşik Arap Emirlikleri Abu Dhabi'de, Aedas Architects (AHR) tarafından 2012 yılında, kinetik gölgeleme sistemiyle kaplı perde duvarlara sahip 150 metre yüksekliğinde iki dairesel yapı içeren Al Bahr Kuleleri tasarlanmıştır (URL- 5, 2004). Bölgeye yeni yapılacak ofislerin Abu Dhabi Adası'nın kuzey kıyısında, Sadiyaat Adası ve ötesindeki Basra Körfezi'nin yanı sıra Doğu Mangrovları'nı da görecek şekilde konumlandırılması istenmiş ve projeye "deniz" anlamına gelen Arapça Al Bahr adı verilmiştir. Gün ışığının istenmeyen açılarını kontrol etmek üzere bina için ayçiçeğinden yola çıkılarak tasarlanan gölgeleme sisteminin seçilmesi biyomimetik cephe içinde ilham oluşturmaktadır (Bkz. Şekil 7.) (Attia, 2016).



Şekil 7. Al Bahr Kuleleri Cephesi (Attia, 2016)

## 5.3. Sinosteel Uluslararası Plaza

Pekin merkezli mimarlar MAD 9 ofisi tarafından Çin'in Tinajin kentinde Sinosteel Uluslararası Plaza projesi tasarlanmıştır. Yapı 358 metre yüksekliğe sahip bir ofis yapısı ve 88 metrede yer alan yakındaki bir otelden oluşmaktadır. Cephe, bal peteğini andıran beş farklı boyutta altıgen pencereden oluşmaktadır. Bu pencereler, Şekil 8'de görüldüğü gibi, doğal şekilde gelişen formla yapı boyunca düzenlenmiştir. Binanın enerji verimliliği, güneşin ve rüzgârın yapı üzerindeki etkilerine uyum sağlayan bal peteğinden esinlenilmiş altıgen formla birlikte artmıştır (Mohamed, Bakr & Hasan, 2019).



Şekil 8. Sinosteel Uluslararası Plaza Cephesi (Mohamed, Bakr & Hasan, 2019)

#### 5.4. Swiss Re Kulesi

1998 yılında Swiss Re Genel Merkezi, Foster + Partners ve Arup şirketi tarafından tasarlanmaya başlanmış, 2001-2004 yılında yapım aşaması sona ermiştir. Sürdürülebilirlik konularıyla yakından ilgilenen bir şirket olan Swiss Re, hazırladığı analizlerde hem çevreye duyarlı bir tasarımın hem de personel için yüksek standartlarda bir iç çalışma ortamının önemini vurgulamaktadır. Foster + Partners ve Arup iş birliği tasarım ekibi tarafından çelik iskeletin parametrik tasarımının ve üç boyutlu modellemesinin kullanılması; tedarik, imalat ve tasarım süreçleri entegre edilerek daha az riskle ekonomik olarak yapının yapılması sağlanmıştır (Bkz. Şekil 9) (Küçük & Arslan, 2020).



Şekil 9. Gherkin Kulesi/ Swiss Re Genel Merkezi Cephesi (Küçük & Arslan, 2020)

### 5.5. Doha Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası

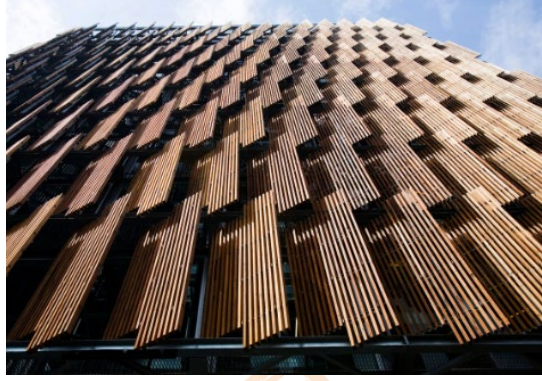
Katar Doha'da Belediye İşleri Bakanlığı için Aesthetics Architects Go Group mimarlık tarafından bir ofis yapısı tasarlanmıştır. Yapı dış cephesi, kaktüslerin dikenlerini taklit etmektedir. Şekil 10'da görüldüğü gibi, kaktüs dikenlerinden ilham alan cephe formu binanın dış kabuğu için gölgeleme sağlamayı amaçlamaktadır. Bu gölgeleme yapıya giren güneş ışığı miktarını sınırlayarak yapının serin kalmasına yardımcı olmaktadır (Mohamed, Bakr & Hasan, 2019).



Şekil 10. Doha Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası Cephesi (Mohamed, Bakr & Hasan, 2019)

### 5.6. CH2 Binası ( The Council House 2)

CH2 binası Avustralya'nın Melbourne kentinde bulunan, 2004-2006 yılları arasında Mick Pearce Design Inc. ile iş birliği içinde tasarlanmış on katlı sürdürülebilir bir ofis yapısıdır. Yapı bir ağacın kabuğunu model alarak sürdürülebilirlik ve bina mimarisine ilişkin geleneksel fikirlere referans oluşturan, binayı çevresindeki canlılara ve dış dünyaya bağlayan tasarım sistemine sahiptir (Bkz. Şekil 11) (Webb, 2005).



Şekil 11. CH2 Binası Cephesi (URL-5, 2013)

## 6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Doğada var olan stratejilerin biyomimetik tabanlı ofis yapılarının uyarlanabilir cephelerine etkisini geniş bir bakış açısıyla değerlendirmek ve biyolojik organizmaların tasarıma etkisini analiz edebilmek için son 20 yılda tamamlanmış, ilham kaynağı farklı canlılardan olan yapılar tercih edilmiştir. Doğadan esinlenerek oluşturulmuş uyarlanabilir stratejilerin cepheye aktarılması sürecinde biyomimetik yaklaşım, düzey ve strüktürlerin sınıflandırılması başlıkları üzerinden 6 farklı ofis yapısı Tablo 2’de analiz edilmiştir. Yapılan incelemelere göre; Al Bahr Kuleleri, Capital Gate Tower ile Doha Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı binalarının biyolojiden tasarıma yaklaşımını benimsediği anlaşılmaktadır:

- Capital Gate Tower yapısı tasarlanırken biyolojiden tasarıma yaklaşımında belirtilen aşamalar izlenmiş olup, okyanus dalgalarından ilham alınmış daha sonra bu dalgalardan yola çıkılarak yapı strüktürü oluşturulmuştur.
- Al Bahr Kuleleri’nde mashrabiya adı verilen kafes sistemi kullanılarak ayçiçeğinin güneşe göre yönlenmesinden elde edilen ilham tasarıma aktarılmıştır.
- Doha Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası’nda kaktüslerin dikenli hareketlerinden elde edilen ilham bu yapının tasarımında kullanılmış, kaktüslerin hareketi yorumlanarak yapı oluşturulmuştur.

Swiss Re Kulesi, CH2 Binası ve Sinosteel Uluslararası Plaza binalarının ise biyolojiyi arayan tasarım yaklaşımını (tasarımdan biyolojiye) benimsediği görülmüştür:



- Sinosteel Uluslararası Plaza cephesi bal peteğini andıran altıgen pencereleri; güneşin, rüzgârın ve binanın enerji verimliliğinin yapı üzerindeki etkilerine uyum sağlamıştır. Pencereler oluşturulurken ilk olarak yapıda problemler belirlenmiş, daha sonra araştırmalar sonucunda altıgen pencerelerin yapı için faydalı olacağına karar verilmiştir. Bunun sebebi; altıgen pencerelerin kışın ısı kaybını ve yazın ısı kazancını en aza indirecek şekilde konumlandırılmış olmasıdır.
- Swiss Re kulesi tasarımcıları çelik iskelet yapıda bir ofis binası yapmayı amaçlamıştır. Zorlu hava koşullarına dayanıklı, sürdürülebilirliğe uygun bir yapı tasarlamak için ilk olarak problemi belirleyip daha sonra Venüs süngeri bitkisinin özelliklerinden ilham alarak cephe uygulaması ve taşıyıcı sistemi oluşturmuşlardır.
- CH2 binası tasarlanırken yapı çevresindeki rüzgâr, güneş, iç ortam havalandırma koşulları düşünülmüş, problemler tanımlanmış, daha sonra cephe için ağaç kabuğundan model alınmasına karar verilerek süreç tamamlanmıştır.

Ofis yapılarına ait uyarlanabilir cephelerin aynı zamanda doğada var olan strüktürlerle ilişkiler kurduğu da gözlemlenmiştir. Aşağıda örneklemin biyomimetik strüktürler ile etkileşimine ait analizler verilmiştir:

- İskelet benzeri strüktürler Capital Gate Tower ve Swiss Re Kulesi'nde görülmekte yapıların kabuğunu desteklemekte, formuna esneklik ve sağlamlık kazandırmaktadır. Capital Gate Tower yapısı diagrid adı verilen yapısal sisteme sahiptir. İskelet benzeri strüktür içerisinde yer alan bu sistem, düğüm konektörleri kullanılarak bağlanmakta ve serbest formlu yüksek tavan tasarımları ile çalışmaktadır. Diagrid taşıyıcı sistem serbest formlu yüksek tavan tasarımlarında kullanıldığında, her bir düğüm konektörü kendi konfigürasyonuna sahiptir ve yüzeyler eş düzlemlidir. Swiss Re Kulesinde kullanılan çelik yapı sistemi de iskelet benzeri strüktür içerisinde yer almaktadır. Çelik iskeletin parametrik tasarımının yaygın olduğu yapıda kabuk iskelet görünümündedir.
- Al Bahr Kuleleri ve Sinosteel Uluslararası Plaza yapısı ağ benzeri strüktürlere aittir. Al Bahr Kuleleri'nde kullanılan fiberglas kabuk malzeme ile kaplanmış perde mekanizması ağ benzeri strüktürlerin temel prensibi olan çadır yapısına benzer tasarlanmıştır. Güneş hareketlerine göre gerilip, açılıp kapanma özelliğine sahiptir.

Sinosteel Uluslararası Plaza cephesinde ise altıgen pencereler, bal peteği formuna atıfla tüm cephede ardı sıra devam etmektedir.

- Kabuk benzeri strüktürler daha az malzeme ihtiyacı olan, esneklikleri yüksek strüktürlerdir. Doha Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı binası ve CH2 yapısı kabuk benzeri strüktürlere aittir. Yapılardaki kabuk formu tasarımcıya ilham olan bileşenlerden seçilmiştir. Doha Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı yapısı cephesindeki kaktüs dikenlerini taklit eden kabuk binaya gölgeleme sağlamayı amaçlamaktadır. CH2 yapısında ise ağaç kabuğu model alınarak, cephede enerji etkinliğini sağlamaya yönelik ışık geçirgenliği kontrolü stratejisi oluşturulmuştur (Bkz. Tablo 2).

Tablo 2. Örnek Ofis Yapılarının Biyomimetik Özellikleri

Örnek Ofis Yapısı	Capital Gate Tower	Al Bahr Kuleleri	Sinosteel Plaza	Swiss Re Kulesi	Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası	CH2 Binası	
Esinlenen Organizma	Okyanus Dalgası	Ayçiçeği	Bal Peteği	Venüs Bitkisi Süngeri	Kaktüs	Termit, Ağaç	
Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları	Tasarımdan Biyolojiye	x	x	✓	✓	x	✓
	Biyolojiden Tasarıma	✓	✓	x	x	✓	x
Biyomimetik Seviyeleri	Organizma Düzeyi	x	x	✓	✓	✓	✓
	Ekosistem Düzeyi	✓	x	x	x	x	x
	Davranış Düzeyi	x	✓	x	x	x	x
Biyomimetik Strüktürler	Ağaç Benzeri Strüktür	Herhangi bir ilişkiye rastlanmamıştır.					
	İskelet Benzeri Strüktür	✓	x	x	✓	x	x
	Ağ Benzeri Strüktür	x	✓	✓	x	x	x
	Pnömatik Strüktür	Herhangi bir ilişkiye rastlanmamıştır.					
	Kabuk Benzeri Strüktür	x	x	x	x	✓	✓

Doğa taklit edilirken organizma, davranış veya ekosistem seviyelerinde doğadaki analogiler dikkatlice gözlemlenmektedir. Aşağıda örneklemin biyomimetik seviyelere ait alt parametrelerinin analizleri verilmiştir:

- Capital Gate Tower yapısı ekosistem düzeyinde biyomimetik yaklaşımda form ve işlev parametrelerini karşılamaktadır. Bina deniz ekosistemine benzer işlevleri taklit etmektedir ve süreçler arasındaki ilişkiyi kullanarak karmaşık bir sistemin parçası olmaktadır.
- Al Bahr Kuleleri davranış düzeyinde biyomimetik yaklaşım içerisinde işlev ve süreci karşılamaktadır. İşlev olarak bina otomatik güneş perdesi görevi yapan üçgen şeklinde ayçiçeği hareketinden ilham alan sistemle kaplıdır. Bu doğrultuda yapının cephesi ayçiçeğinin güneş hareketine tepki vermesi sürecine yönelik tasarlanmıştır.
- Sinosteel Uluslararası Plaza organizma düzeyinde biyomimetik düzey içerisinde malzeme ve işlev unsurunu karşılamaktadır. Malzeme olarak binada altıgen bal peteğini andıran cephe kurgusu kullanılmıştır. İşlev unsuru; bina güneşteki değişikliklere tepki verecek şekilde çalışmaktadır.
- Swiss Re Kulesi'nde organizma düzeyinde biyomimetik de form ve süreç unsuru ön plandadır. Binada cam şeklinde bir kafes sistemine de benzeyen kabuklu ve yuvarlak forma sahip cephe kaplaması yapılmıştır. Süreç; bina venüs süngeri bitkisine benzer şekilde çalışmaktadır.
- Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası organizma düzeyinde biyomimetikte form, malzeme ve yapım unsurunu karşılamaktadır. Form olarak yapı kaktüsten ilham alınarak tasarlanmıştır. Yapı kabuğunda kullanılmak üzere seçilen çelik malzeme kaktüsün yivli olan gövde yapısını taklit edecek şekilde kurgulanmıştır. Bu doğrultuda yapım süreci için kaktüslerin terlemesinden ilham alınarak gölgede cihazların kapatılmasının belirlenen güneş yoğunluğuna göre gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.
- CH2 Binası organizma düzeyinde biyomimetikte malzeme ve yapım süreci içerisinde yer almaktadır. Beton malzeme termitin dış kabuğunu veya derisini taklit etmektedir. Bina termite benzer bir yöntemle inşa edilmektedir, çeşitli büyüme evrelerinden geçmektedir (Bkz. Tablo 3).

Tablo 3. Örnek Ofis Yapılarının Biyomimetik Düzeylerine Ait Alt Parametrelerle Etkileşimi

Biyomimetik Düzey	Biyomimetik Alt Parametre	Capital Gate Tower	Al Bahr Kuleleri	Sinosteel Plaza	Swiss Re Kulesi	Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası	CH2 Binası
Ekosistem	Form	✓					
	Malzeme	x					

Düzezi	Yapım	x	x	x	x	x	x
	Süreç	x					
	İşlev	✓					
Organizma Düzeyi	Form			x	✓	✓	x
	Malzeme			✓	x	✓	✓
	Yapım	x	x	x	x	✓	✓
	Süreç			x	✓	x	x
	İşlev			✓	x	x	x
Davranış Düzeyi	Form		x				
	Malzeme		x				
	Yapım	x	x	x	x	x	x
	Süreç			✓			
	İşlev			✓			
Biyomimetik Düzeylerin Alt Parametreleriyle Etkileşim Durumları Etkileşim Var ● Etkileşim Yok ● İlişki Yok ●							

Çalışma örnekleminin mimari özelliklerine ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde; biyomimetik uyarlanabilir cephelere sahip yapıların son 20 yıl içerisinde tamamlanmış olmalarına rağmen tasarım prensiplerinin doğadan ilham alarak daha eski yıllara dayandığı sonucuna varılmıştır. Bu açıdan yapılan gözlemler ışığında teknolojiye ilerlemelerle beraber biyomimetik mimarlık uygulama alanlarının da geliştiği anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda ofis yapı örnekleminde ait çıkarımlar biyomimetik yaklaşım temelinde verilmiştir:

- Örnekleme uygulama bölgelerine göre baktığımızda ağırlıklı olarak Arap yarımadası ve Avrupa kıtasında buldukları görülmektedir. Ancak bu yaklaşımın uygulanmasında herhangi bir bölgesel veya coğrafi sınırlama olmadığı anlaşılmaktadır.
- Seçilen biyomimetik yapı örnekleri yüksekliklerine ve cephe geometrilerine bakarak değerlendirildiğinde, farklı ölçeklere sahip oldukları görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında bina yüksekliği ve geometrisi biyomimetik tabanlı uyarlanabilir cepheler için tasarım sınırlaması oluşturmamaktadır.
- Örneklemler üzerinden biyomimetik yaklaşımlara bakıldığında; tasarımdan biyolojiye yaklaşımında cephelerdeki enerji etkinlik, uyarlanabilirlik, sürdürülebilirlik gibi gereksinimleri karşılamak için belirlenen tasarım problemine yönelik biyolojik organizmalar incelenerek, bu organizmalardan ilhamla geliştirilen yöntemlerin cephelere uyarlandığı anlaşılmaktadır. Biyolojiden tasarıma yaklaşımında ise canlıların bulunduğu iklim koşulları ve çevrelerinde yaşanan zorluklara yönelik geliştirilmiş çözümler belirlenmiştir. Bu çözümler için biyolojik sistemler gözlem yoluyla analiz

edilerek enerji etkinliğe yönelik yöntemler içerisinde ayıklanmak suretiyle cephelerde kullanılmıştır. Enerji etkinlik ve biyomimetri arasında bağlantılar kurularak, hava, ışık, ısı gibi enerji etkin cephe sistemlerini etkileyen temel bileşenlerin seçilen ofis yapılarındaki malzeme kullanımına etkisi görülmüştür.

- Örnekler biyomimetik düzeyine göre değerlendirildiğinde, organizma seviyesinde tasarım yaklaşımlarının ekosistem ve davranış seviyelerine göre daha fazla görüldüğü saptanmıştır. Ayrıca, organizmaların davranış ve morfolojik olarak adaptasyon aktarımları ekosistem düzeyinin etkisine göre daha iyi bir süreç için ilk adım olarak değerlendirilmektedir.
- İncelenen 6 farklı ofis yapısında tamamen proje özelinde kullanılan enerji etkin yöntemler dışında doğadan esinlenerek oluşturulmuş uyarlanabilir çözümler kullanılarak projelerin özgün değeri arttırılmıştır.

Sonuç olarak, çalışma örneğine ait analizler doğrultusunda uyarlanabilir cephe tasarımlarının biyomimetik tasarımın alt parametrelerine olan uyumu ortaya konmuş, sürdürülebilir ve enerji etkin tasarımların oluşmasında biyomimetik cephelerin etkin rol oynayabileceği görülmüştür. Doğayı gözlemlemek ve anlamak isteyen mimarların; doğal oluşumlarının şekillerini, yapılarını ve malzemeleri arasındaki ilişkileri inceleyerek, biyomimetik mimarlık kavramını tasarımlarına dahil etmeleri gerektiği açıktır. Bu ilişkiler bütünü incelenirken biyoloji ve diğer bilim dallarının sisteme katılması ve disiplinler arası araştırmalar yapılması gerektiği anlamına gelmektedir. Biyomimetiğin sadece insana ve çevreye daha uyumlu cepheler oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda çevre dostu malzeme, mekân ve sürdürülebilirlik sağladığı anlaşılmaktadır.

## KAYNAKÇA

- Arslan S. & Gönenç Sorguç A. (2007). Mimari Tasarım Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi. *Gazi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22(2):451-460.
- Arslan Selçuk, S. (2009). *Proposal For A Non-Dimensional Parametric Interface Design İn Architecture: A Biomimetic Approach* (PhD Thesis). Middle East Technical University, Ankara.
- Aslan, D. (2019). *Binalar Aracılığıyla Yağmur Suyu Toplama Stratejilerine Biyomimetik Bir Yaklaşım* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Attia, S. (2016). Evaluation of adaptive facades: The case study of Al Bahr Towers in the UAE. *QScience Connect, Shaping Qatar's Sustainable Built Environment-2* 2017:6 <http://dx.doi.org/10.5339/connect.2017.qgbc.6>
- Aydın Yazıcıoğlu, B. (2020). *Yapı Kabuklarının Termoregülasyonu: Biyomimetik Bir Yaklaşım* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Aziz, M. S. & El sherif, A. Y. (2016). Biomimicry As An Approach For Bio-inspired Structure With The Aid Of Computation. *Alexandria Engineering Journal*, 55, 707-714. Doi: 10.1016/j.aej.2015.10.015
- Beukers, A. (1999). *Lightness: The İnevitabile Renaissance Of Minimum Energy Structures*. 010 Publishet, Rotterdam.
- Dent, R. (1972). *Principles Of Pneumatic Architecture*, Halsted Press Division John Wiley & Sons Inc., New York.
- Erşahin, E. (2022). *Biyomimetik Bina Kabukları: Bir Meta-Analiz* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Fecheyr-Lippens, D. & Bhiwapurkar, P. (2017). Applying Biomimicry To Design Building Envelopes That Lower Energy Consumption İn A Hot-Humid Climate. *Architectural Science Review*, 60 (5), 360-370. Doi: 10.1080/00038628.2017.1359145
- Gate, C. & Dhahi, A. (2012). Case Study: Capital Gate, Abu Dhabi. *Ctbuh Journal*. Issue 2, pp.11-17.

Gökşen, F., Güner, C. & Koçhan, A. (2017). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Ekolojik Yapı Tasarım Kriterleri. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 92-107.

Gündoğdu, E. (2020). *Cephe Sistemlerinin Enerji Etkinliği Üzerine Biyomimetik Bir Değerlendirme*, (Doktora Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.

Gündoğdu, E. & Arslan, D. (2020). Energy-Efficient Facade And Biomimicry İn Architecture. *GU J Sci, Part C*, 8(4): 922-935.

İmert, H. (2023), Robotik İmalat Sürecinde Bir Eşik: ICD/ITKE Biyomimetik Araştırma Pavyonları. *Ege Mimarlık Dergisi*, 2023-3 (119), 68-73.

Karadağ, I. & Çakmaklı, A. B. (2020). Interface of the Natural Ventilation Systems with Building Management Systems. *Periodica Polytechnica Architecture*, 51(2), pp. 178–188. <https://doi.org/10.3311/PPar.15700>

Karaduman Ercan, S. (2018). *Biyomimetik Strüktürlerin Örneklerle İrdelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.

Khelil, S. (2015). *Biomimicry: Towards A Living Architecture İn Hot And Arid Regions* (Master Dissertation). University Of Biskra, Biskra.

Küçük M. & Arslan H. İ. (2020). Investigation of Diagrid Structures Over Gherkin Tower. *3rd International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA-2020)*, Alanya, Türkiye.

Melaragno, M. (1991). *An Introduction To Shell Structures, And The Science Of Vaulting*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Mohamed, N. A., Bakr, A. F. & Hasan, A. E. (2019) Energy Efficient Buildings in Smart Cities: Biomimicry Approach. Is This The Real World? Perfect Smart Cities vs. Real Emotional Cities. *Proceedings of Real Corp 2019, 24th International Conference on Urban Development, Regional Planning and Information Society*. pp. 257-267. ISSN 2521-3938

Otto, F. & Rasch, B. (1995). *Finding Form: Towards An Architecture Of The Minimal*. Deutscher Werkbund Bayern, Berlin.

Özdemir N. B. & Selçuk, S. A. (2016). Tree Metaphor In Architectural Design. *International Journal of Architecture and Urban Studies*, 1(1), 64-76.

Öztürk, Z. K., Ferah, B., Tunca, C. (2022). Tarihi yarımada semt parkları örneklerinde mekânsal kalite farklılıklarının PPS Mekân Diyagramı Üzerinden Değerlendirilmesi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1): 54-65.

Paker, B., & Taş, N. (2017). Sürdürülebilir Yapım Sürecinde Mimarın Yapısal Atık Oluşumuna Etkisi. *Yalvaç Akademi Dergisi*, 2(1), 88-98.

Schnädelbach, H. (2010). Adaptive Architecture – A Conceptual Framework, *Proceedings of Media City*, 197, 522-538.

Susam, K., & Özdemir, Ş. (2024). Sağlık Yapılarının Biyofilik Tasarım Kriterlerine Göre İncelenmesi: İstanbul Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi Örneği. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 36-52. <https://doi.org/10.47769/izufbed.1501884>

Topham, S. (2002). *Blow Up*. Prestel - Verlag, Munich.

Velasco, R., Brakke, A. P., & Chavarro, D. (2015). Dynamic Façades And Computation: Towards An Inclusive Categorization Of High Performance Kinetic Façade Systems. *Communications in Computer and Information Science*, 527, 172-191. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-47386-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-662-47386-3_10)

Vincent, J. F.V., Bogatyreva O. A., Bogatyrev N. R., Bowyer A. & Pahl A. K., (2006). Biomimetics: its practice and theory. *J. R. Soc. Interface*, 3, 471-482 <http://doi.org/10.1098/rsif.2006.0127>

Webb, S. (2005). The Integrated Design Process Of Ch2. *Environment Design Guide*, 1-10. <http://www.jstor.org/stable/26148277>

Williams, H. A. (2003). *Zoomorphic-New Animal Architecture*, Laurence King Publishing Ltd., New York.

Zari, M. (2007). Biomimetic Approaches To Architectural Design For Increased Sustainability, *The SB07 NZ Sustainable Building Conference*, Paper number: 033, Auckland, New Zealand.

## İNTERNET KAYNAKLARI

URL-1. (2024). <https://www.ytur.net/yurtdisi/almanya/munih/munih-olimpiyat-stadyumu> (Son Erişim Tarihi: 09.03.2024)



URL-2. (2024). [https://en.wikipedia.org/wiki/Sydney\\_Opera\\_House](https://en.wikipedia.org/wiki/Sydney_Opera_House) (Son Erişim Tarihi: 10.07.2024)

URL-3. (2017). <https://valencia.lbsfilm.at/loceanografic/> (Son Erişim Tarihi: 10.07.2024)

URL-4. (2022). <https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a2962-capital-gate-tower-by-rmjm-a-structural-marvel/2022> (Son Erişim Tarihi: 17.03.24)

URL-5. (2013). [https://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc/51cc71b2b3fc4be56b00007a-ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc/51cc71b2b3fc4be56b00007a-ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc-photo?next_project=no) 2024 (Son Erişim Tarihi: 09.10.24)

