

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Mimarlık Anabilim Dalı

**BİYOMİMİKİRİ UYGULAMALARININ ORGANİZMA,
DAVRANIŞ VE EKOSİSTEM SEVİYELERİNDE YAPI
TASARIMINA ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ayşe ŞİMŞEK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM

İstanbul – 2025

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı : Ayşe ŞİMŞEK

Tezin Dili : Türkçe

Tezin Adı : Biyomimikri Uygulamalarının Organizma, Davranış ve Ekosistem Seviyelerinde Yapı Tasarımına Etkilerinin Değerlendirilmesi

Enstitü : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Mimarlık

Tezin Türü : Yüksek Lisans

Tezin Tarihi : 26.03.2025

Sayfa Sayısı : 101

Tez : Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM

Danışmanları

Dizin Terimleri : Biyomimikri, Organizma, Davranış, Ekosistem, Sürdürülebilirlik, Doğa, Tasarım.

Türkçe Özet : Biyomimikrinin organizma, davranış ve ekosistem seviyelerinin yapı tasarımına etkilerini değerlendirerek, sürdürülebilir yapılar oluşturmadaki katkılarını ortaya koymaktadır.

Dağıtım Listesi : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

Ayşe ŞİMŞEK

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Mimarlık Anabilim Dalı

**BİYOMİMİKRİ UYGULAMALARININ ORGANİZMA,
DAVRANIŞ VE EKOSİSTEM SEVİYELERİNDE YAPI
TASARIMINA ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ayşe ŞİMŞEK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM

İstanbul – 2025

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Ayşe ŞİMŞEK

.../.../2025



T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ayşe ŞİMŞEK' in “**Biyomimikri Uygulamalarının Organizma, Davranış ve Ekosistem Seviyelerinde Yapı Tasarımına Etkilerinin Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışması, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Bilim Dalı YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç. Dr. Gül YÜCEL

Üye

Doç. Dr. İlke CİRİTÇİ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM

(Danışman)

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.... / / 20..

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Doğa ile iç içe yaşayan insan, doğayı gözlemleyerek ondan ilham almış ve doğadaki canlıların davranışlarını anlamaya çalışmıştır. Doğa, geçmişten günümüze kadar insanoğlu için ilham kaynağı olmuştur. İnsanoğlu, bir şeyler yaratırken doğayı taklit etmiş ve değerlendirmiştir. Bu gözlemler, başlangıçta doğanın biçimsel taklidine yönelik tasarımlara yol açarken, zamanla doğanın mükemmel düzenini ve işleyişini anlamaya yönelik bir çabaya dönüşmüştür. İnsanoğlu, doğanın prensiplerini kavrayarak bu bilgileri kendi yaşam alanlarında kullanmak için uyarlamıştır. Biyomimikri, doğadaki canlıların evrimsel süreçlerde geliştirdiği çözümleri inceleyerek insan yaşamını iyileştirecek sürdürülebilir tasarımlar oluşturmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, doğada gözlemlenen sorunlara doğanın sunduğu yanıtların mimari tasarımlara nasıl entegre edileceği ele alınmaktadır. Doğadaki organizmalar, davranışlar ve ekosistemler, tasarıma yön vererek sürdürülebilir çözümler üretir ve biyomimikri anlayışının temelini oluşturmaktadır.

Bu tezde, doğa, insan ve mimarlık arasındaki ilişki incelenmiş; biyomimikri kavramının tanımı, tarihçesi ve önemi açıklanmıştır. Daha sonra, biyomimikrinin mimarlık ilişkisi ve bu anlayışla biyomimikrinin tarihsel gelişimi incelenmiştir. Biyomimikri yaklaşımları temelde iki kategoriye ayrılır: Problem Temelli Yaklaşım ve Çözüm Temelli Yaklaşım'dır. Çalışma, biyomimikrinin üç seviyesi; organizma, davranış ve ekosistem üzerinden doğadaki öğelerden nasıl ilham alındığını ve bu ilhamların yapı tasarımlarına nasıl dönüştüğünü incelemekte ve her seviyenin mimarlıkta nasıl kullanıldığı örneklerle açıklanmıştır. Bu üç seviyedeki biyomimikri uygulamalarının, sürdürülebilirlik hedeflerine nasıl katkı sağladığı ve çevre ile uyumlu yapılar yaratma noktasında nasıl etkili olduğu incelenmiştir. Sonuç olarak, biyomimikri yaklaşımlarının mimarlıkta sürdürülebilir tasarımlar yaratmadaki potansiyeli ortaya konmuş ve doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen projelerin, çevreyle uyumlu yapılar oluşturulmasına nasıl katkı sağladığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyomimikri, Organizma, Davranış, Ekosistem, Sürdürülebilirlik, Doğa, Tasarım.

SUMMARY

Living intertwined with nature, man has been inspired by observing nature and has tried to understand the behaviour of living things in nature. Nature has been a source of inspiration for mankind from the past to the present. Mankind has imitated and evaluated nature while creating something. While these observations initially led to designs for the formal imitation of nature, in time they turned into an endeavour to understand the perfect order and functioning of nature. Human beings have grasped the principles of nature and adapted this knowledge to use it in their own living spaces. Biomimicry aims to create sustainable designs that will improve human life by examining the solutions developed by living things in nature in evolutionary processes. In this context, how to integrate nature's responses to the problems observed in nature into architectural designs is addressed. Organisms, behaviours and ecosystems in nature produce sustainable solutions by guiding design and form the basis of the biomimicry approach.

In this thesis, the relationship between nature, human and architecture is analysed; the definition, history and importance of the concept of biomimicry are explained. Then, the relationship between biomimicry and architecture and the historical development of biomimicry with this understanding are analysed. Biomimicry approaches are basically divided into two categories: Problem Based Approach and Solution Based Approach. The study examines how the three levels of biomimicry; organism, behaviour and ecosystem, are inspired by elements in nature and how these inspirations are transformed into building designs, and how each level is used in architecture is explained with examples. It is analysed how biomimicry practices at these three levels contribute to sustainability goals and how they are effective in creating structures in harmony with the environment. As a result, the potential of biomimicry approaches in creating sustainable designs in architecture is revealed and it is shown how projects inspired by nature contribute to the creation of environmentally compatible buildings.

Keywords: Biomimicry, Organism, Behaviour, Ecosystem, Sustainability, Nature, Design.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN TEMEL İLKELERİ

1.1. Problemin Tanımı	3
1.2. Tezin Amacı	4
1.3. Tezin Kapsamı	4
1.4. Tezin Yöntemi	5
1.5. Tezin Sınırlıkları.....	6

İKİNCİ BÖLÜM

BİYOMİMİKİRİ VE MİMARLIK

2.1. Doğa, İnsan ve Mimarlık İlişkisi	7
2.1.1. Doğa Kavramı	8
2.1.2. Doğa ve İnsan İlişkisi	9
2.1.3. Doğa ve Mimarlık İlişkisi.....	10
2.2. Biyomimikri Tanımı ve Anlayışı.....	11
2.3. Biyomimikrinin Tarihçesi.....	12
2.4. Biyomimikrinin Önemi.....	14
2.5. Biyomimikrinin Hedefi.....	16
2.5.1. Sürdürülebilirlik	16
2.5.2. Performans İyileştirme	17
2.5.3. Enerji Korunumu	18
2.5.4. Maliyetleri Azaltma	19
2.5.5. Atık kavramını Ortadan Kaldırmak ve Yeniden Tanımlamak	19
2.6. Biyomimikri ve Mimarlık.....	20
2.6.1. Mimaride Biyomimikri Tasarım Örnekleri	22

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİYOMİMİKİRİ TASARIM YAKLAŞIMLARI VE SEVİYELERİ

3.1. Tasarımda Biyomimikriye Yaklaşımlar	26
3.1.1. Problem Odaklı Yaklaşım	26
3.1.2. Çözüm Odaklı Yaklaşım	27
3.1.3. Diğer Yaklaşımlar.....	29

3.2. Tasarımda Biyomimikri Uygulamalarının Seviyeleri	35
3.2.1. Organizma Seviyesi	37
3.2.2. Davranış Seviyesi	38
3.2.3. Ekosistem Seviyesi	39

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BİYOMİMİKİRİ SEVİYELERİYLE TASARIM ÖRNEKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Organizma Seviyesi Örnekleri.....	41
4.1.1. Katar Uusal Kongre Merkezi.....	42
4.1.2. Zcb Bambu Pavyon.	44
4.1.3. Milwaukee Sanat Müzesi.	46
4.1.4. Gherkin Tower.	48
4.1.5. Supertrees Grove.	50
4.2. Davranış Seviyesi Örnekleri.....	51
4.2.1. Orquideorama Botanik Bahçesi.....	52
4.2.2. Hy-Fi Tower	54
4.2.3. Pekin Ulusal Stadyumu.	56
4.2.4. HygroSkin.	58
4.2.5. City Council House 2	60
4.3. Ekosistem Seviyesi Örnekleri.....	61
4.3.1. Zira Adası	62
4.3.2. The Eden Project.	63
4.3.3. Coral Reef.....	65
4.3.4. Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi.	67
4.3.5. Masdar City	69
4.4. Biyomimikri Seviyesi Örneklerinin Değerlendirilmesi.....	71
SONUÇLAR	72
KAYNAKÇA	74
EKLER.....	83

KISALTMALAR

ETFE	:	Etilen Tera Fluoro Etilen
PV	:	Fotovoltaik paneller
LEED	:	Yeşil Bina Konseyi
CH2	:	Council House 2 Building
ZCB	:	Zero Carbon Building
Vb.	:	Ve benzeri
TDK	:	Türk Dil Kurumu
S.C.A.L.E.S.	:	Smart, Continuous, Active, Layered, Environmental, System
PCM	:	Phase Change Material (Faz Değişim Malzemesi)

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Termit Örneği ile Biyomimikrinin Uygulanışı	36
Tablo 2. Organizma Seviye Boyutuna Göre İncelenen Örnekler	41
Tablo 3. Katar Ulusal Kongre Merkezi Özellikleri	43
Tablo 4. ZCB Bambu Pavilyon'un Özellikleri.....	45
Tablo 5. Milwaukee Sanat Müzesi–Quadracci Pavilyonu'nun Özellikleri.....	47
Tablo 6. Gherkin Kulesi Özellikleri	49
Tablo 7. Supertrees Grove Özellikleri	51
Tablo 8. Davranış Seviye Boyutuna Göre Örnekler	51
Tablo 9. Orquideorama Botanik Bahçesi'nin Özellikleri	53
Tablo 10. Hy-Fi Tower Özellikleri	55
Tablo 11. Pekin Ulusal Stadyumu Özellikleri	57
Tablo 12. HygroSkin'in Özellikleri.....	59
Tablo 13. CH2 Özellikleri	61
Tablo 14. Ekosistem Seviye Boyutuna Göre Örnekler	61
Tablo 15. Zira Adası Özellikleri	63
Tablo 16. Eden Projesi Özellikleri	65
Tablo 17. Coral Reef Projesi Özellikleri	66
Tablo 18. Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi' nin Özellikleri	68
Tablo 19. Masdar City' nin Özellikleri	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Leonardo Da Vinci'nin Uçan Makinesinin Eskizi.....	13
Şekil 2. Fil Hortumu Esintili Robotik Kol Tasarımı	18
Şekil 3. a)Morpho Kelebeği b)Morphotex Kumaş	18
Şekil 4.Yaprak Yapısı ve Fotovoltaik Güneş Paneli	19
Şekil 5. Örümcek İpliği ve Tekstil Makinalarında İplik üretimi	20
Şekil 6. Mantar Bitkisi ve Johnson Wax Binası	23
Şekil 7. Uyluk Kemliği ve Eiffel Kulesi	23
Şekil 8. Ağaç Çiçek Tohumları ve The Puridential (Guaranty) Building	24
Şekil 9. Victoria Amazonica Bitkisi ve Crystal Palace	25
Şekil 10. Orman Örtüsü ve Sagrada Familia Kilisesi İç Mekânı	25
Şekil 11. Daimler Chrysler Biyonik Otomobili, Kutu Balığı	27
Şekil 12. Lotus'tan İlham alan Lotusan Boyası	28
Şekil 13. İçme Suyu Sağlayan Proje ve Günbatımı kelebeği	30
Şekil 14. Suyun Depolandığı Şişelerin Güneş ile Oluşturduğu Renk Değişimi	31
Şekil 15. S.C.A.L.E.S. Projesi Ve İlham Kaynağı Kertenkele	32
Şekil 16. Namibya Çöl Böceklerinden İlham Alarak Tasarlanan Proje Görünümü ve Namibya çöl böceği	33
Şekil 17. Proje Genel Görünüm ve İlham Kaynağı Pangolin	34
Şekil 18. Esplanade Tiyatrosu Mimari Kabuğu ve İlham Kaynağı Durian Meyvesi	37
Şekil 19. Eastgate Center ve Termit Yuvaları	39
Şekil 20. Llyod Crossing projesi	40
Şekil 21. Katar Ulusal Kongre Merkezi	42
Şekil 22. Sidra Ağacı ve QNCC	43
Şekil 23. ZCB Bambu Pavyonun iç ve dış görünümü	44
Şekil 24. Bambu Bitkisi ve ZCB Bambu Pavyon	45
Şekil 25. Milwaukee Sanat Müzesi Görünümü	46
Şekil 26. Kuşun Havaya Yükselme Süreci ve Quadracci Pavyonu'nun Panjurları	47
Şekil 27. Gherkin Kulesi Havalandırma Sistemi ve Dış Cephe Görünümü	48
Şekil 28. Venüs'ün Çiçek Sepeti ve 30 St Mary Axe Kulesi	49
Şekil 29. Ağaç ve Supertrees Grove	50
Şekil 30. Orquideorama Botanik Bahçesi	52
Şekil 31. Bal Peteği ve Orquideorama Botanik Bahçesi	53
Şekil 32. Hy-Fi pavyonunun genel görünümü	54
Şekil 33. Mantarların İç yapısı ve Hy-Fi Tower	55
Şekil 34. Stadyumun Dış Görünümü	56
Şekil 35. Kuş Yuvası Ve Pekin Ulusal Stadyumu	57
Şekil 36. HygroSkin Dış Görünümü	58
Şekil 37. Ladin Kozalağı ve Hava değişikliklerine uyum sağlayan HygroSkin	59
Şekil 38. CH2 Binasının Dış Cephesi	60

Şekil 39. Memeli Derisinin Solunum Mekanizması ve Dış Cephe Detayı.....	60
Şekil 40. Zira Adası Projesi ve Enerji Döngüsü	62
Şekil 41. Sabun Köpüğü ve Eden Projesi	64
Şekil 42. Eden Projesi iç ve dış görünümü	64
Şekil 43. Coral Reef Projesi Evlerin Düzenlenmesi	65
Şekil 44. Mercan Kayalığı ve Coral Reef Projesi	66
Şekil 45. Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi Yaşayan Çatısındaki Tepeleri Gösteren Hava Görüntüsü	67
Şekil 46. Yapı çatısında bulunan açılabilir ışıklıklar	68
Şekil 47. Masdar City Birleşik Arap Emirlikleri	69
Şekil 48. Masdar City’de Ulaşımı Sağlayan Kişisel Hızlı Taşıma Sistemi.....	70



ÖNSÖZ

Tez hazırlama sürecim boyunca değerli desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesiyle her zaman yol gösteren, tezimin gelişimine katkı sağlayan, anlayışlı ve hoşgörülü yaklaşımıyla beni cesaretlendiren kıymetli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM’a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bu tezin daha nitelikli bir hale gelmesi için yaptıkları eleştiriler ve önerilerle katkıda bulunan jüri üyelerime de teşekkür ederim.

En derin teşekkürlerimi ve minnettarlığımı, her zaman yanımda olan, bana sonsuz güvenen ve destekleyen canım annem Naile ŞİMŞEK’e, babam Sıddık ŞİMŞEK’e ve değerli kardeşim Emine ŞİMŞEK’e sunarım.

Ayşe ŞİMŞEK
(Mimar)

GİRİŞ

İnsanoğlu, tarih boyunca karşılaştığı çeşitli zorlukların üstesinden gelebilmek için doğayı dikkatle incelemiş ve doğadaki yapıları, organizmaları ve süreçleri bir çözüm kaynağı olarak kullanmıştır. İnsanlar var oluşlarından beri sorunlarına çözüm ararken bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde doğadan yardım almışlardır. Doğa, insanlık tarihinin her döneminde tasarımlar için önemli bir ilham kaynağı olmuştur. Biyomimikri; Latince bios ve mimesis kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Bios yaşam, mimesis ise taklit etmek anlamına gelmektedir. Kelime kökeninden de anlaşıldığı üzere, biyomimikri doğaya taklit etmeyi ifade etmektedir. Bu kavram Janine M. Benyus tarafından ‘Biomimicry Innovation Inspired by Nature’ isimli kitabı yazmış, 1997’de yayımlamıştır (Benyus, 1997). Bu bağlamda, biyomimikri doğadaki milyonlarca yıllık evrimsel süreçlerin sunduğu çözümleri inceleyerek, insan yaşamını iyileştirecek sürdürülebilir tasarımlar oluşturmayı amaçlamaktadır. Biyomimikri yönteminin tasarıma etkili bir şekilde yansımaları, yalnızca görsel ve işlevsel açıdan kazanımlar sağlamakla kalmamalı; aynı zamanda doğaya zarar verilmeden, ortaya çıkan ürünlerin sürdürülebilir olması sağlanmalıdır. Çevre sorunlarının arttığı ve doğal kaynakların hızla tükenmeye başladığı bir dönemde, biyomimikri yaklaşımı, doğa ile uyumlu ve sürdürülebilir yapılar inşa etme noktasında önemli bir çözüm önerisi olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde insanlık her çağda olduğundan daha fazla doğaya ve sunduğu olanaklara ihtiyaç duymaktadır. Özellikle enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik gibi kavramlara verilen önem de doğaya dönüşü işaret etmektedir (Eryılmaz, 2015). Biyomimikri, sürdürülebilir bir dünya için doğadan ilham almanın gerekliliğini ortaya koyarak, bu konuda günümüz araştırmacılarına yol göstermektedir (Arhon, 2017). Doğadaki denge ve sürdürülebilirlik ilkeleri, mimari tasarımda da uygulandığında çevre ile uyumlu yapılar ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, biyomimikri anlayışının mimari tasarımlar üzerindeki etkilerini analiz ederek, doğadaki organizma, davranış ve ekosistemlerden nasıl ilham alındığını ve bu süreçlerin sürdürülebilirlik hedeflerine nasıl katkı sağladığını incelemeyi amaçlamaktadır.

Bu kapsamda bu çalışma, ilk olarak doğa ile insan ilişkisi ve ardından doğa ile mimarlık arasındaki ilişki ele alınmış; mimarlıkta biyomimikri kavramı tanımlanmış, bu anlayışın tarihsel gelişimi ve önemi vurgulanmıştır. Ayrıca, biyomimikri kavramı yaygınlaşmadan önceki dönemlerde, doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen mimari

projeler de bu çalışmada örneklerle açıklanmıştır. Bu çalışmada biyomimikrinin farklı seviyelerde (organizma, davranış ve ekosistem) doğadaki öğelerden nasıl ilham alarak yapı tasarımlarına dönüştürülebileceği incelenmektedir. Biyomimikrinin üç temel seviyesi, bu disiplinin mimarlık ve tasarım süreçlerindeki uygulama çeşitliliğini ortaya koymaktadır. Organizma seviyesi, doğadaki bireysel canlıların yapısal özelliklerinden ilham alırken; davranış seviyesi, organizmaların çevresel koşullara verdikleri tepkileri ve davranışlarını incelerken, ekosistem seviyesi doğadaki karmaşık sistemlerin işleyişini ve bu sistemlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini anlamaya odaklanır. Bu üç seviye, mimarlıkta hem tasarım süreçlerini yönlendiren hem de sürdürülebilir çözümler geliştiren önemli bir çerçeve sunmaktadır. Ayrıca, dünyadaki biyomimikri mimari örnekleri değerlendirilerek, hangi canlıların hangi özelliklerinden ilham alınarak hangi projelerin üretildiği ve bu sürecin sürdürülebilirlik hedeflerine nasıl katkı sağladığı araştırılmıştır.

Bu çalışma, özellikle mimarlar ve tasarımcılar için doğayla uyumlu yapıların nasıl geliştirilebileceğini gösterirken, şehir plancıları ve peyzaj mimarları için ekolojik planlama süreçlerinde yol gösterici bir kaynak sunmaktadır. Aynı zamanda, öğrenciler ve eğitimciler için doğadan ilham alan tasarımların tarihsel gelişimi ve uygulama yöntemleri konusunda önemli bir başvuru kaynağı olacaktır. Çalışma, sürdürülebilir yapı tasarımına ilgi duyan tüm disiplinler için yol gösterici nitelikte olup, çevreyle uyumlu ve yenilikçi tasarım anlayışının gelişmesine katkı sağlamaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN TEMEL İLKELERİ

Bu bölümde, çalışmanın ortaya koyduğu temel çerçeve ele alınarak, araştırmanın problem tanımı, amacı, kapsamı, yöntemi ve sınırlılıkları açıklanmaktadır. Çalışma, biyomimikri uygulamalarının sürdürülebilir mimari tasarıma dâhil edilmesi bağlamında incelenerek, doğadan ilham alan tasarım yaklaşımlarının organizma, davranış, ekosistem ölçeğinde değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır.

1.1. Problemin Tanımı

Günümüzde sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarında doğadan ilham alan biyomimikri uygulamaları giderek daha fazla önem kazanmasına rağmen, bu uygulamaların organizmaların yapısal özellikleri, davranışsal stratejileri ve ekosistem dinamikleri ile nasıl bütünleştiği ve mimari tasarım süreçlerine nasıl entegre edildiği konusunda kapsamlı bir değerlendirme eksikliği bulunmaktadır. Ancak, biyomimikri uygulamalarının büyük bir kısmının organizma ve davranış düzeyinde yoğunlaştığı, ekosistem bütünlüğünün ise yeterince göz önünde bulundurulmadığı düşünülmektedir. Çalışma, biyomimikri yaklaşımının mimari tasarım süreçlerinde nasıl uygulandığını inceleme problemi ile yola çıkmıştır. Bu nedenle, *Biyomimikri uygulamaları, organizma, davranış ve ekosistem ilişkileri bağlamında nasıl şekillenmekte ve bu ilişkiler yapı tasarımında nasıl uygulanmakta, bu seviyelerin her birinin tasarım süreçlerine olan sürdürülebilirlik katkıları nelerdir?* Sorusu bu çalışmanın temel araştırma sorusu olarak ele alınmaktadır. Çalışma, doğadaki organizmaların yapı ve davranış özelliklerinin mimariye doğrudan ilham verdiği ve ekosistem süreçlerinin bütüncül bir tasarım anlayışıyla ele alındığında daha sürdürülebilir çözümler sunduğu varsayılmaktadır.

Araştırmanın Hipotezleri

Hipotez 1: Biyomimikri uygulamaları, mimari tasarımda sadece görsel ve biçimsel ilham kaynağı olmakla kalmaz; aynı zamanda yapıların çevresel etkilerini azaltan, enerji verimliliğini artıran ve iklim değişikliğine uyum sağlayan çözümler sunar. Organizma, davranış ve ekosistem seviyelerindeki biyomimikri seviyeleri, sürdürülebilir mimariyi geliştirmeye katkıda bulunur.

Hipotez 2: Organizma, davranış ve ekosistem seviyelerindeki biyomimikri uygulamalarının sürdürülebilirliğe katkıları farklılıklar göstermektedir.

1.2. Tezin Amacı

İnsanoğlu tarih boyunca karşılaştığı sorunların çözümleri için doğayı dikkatli bir şekilde incelemiş ve doğadaki oluşumları her zaman bir yol gösterici olarak görmüştür. Barınma, yaşama ve doğa şartlarından korunma ihtiyacı insanoğlunu doğayı anlamaya ve araştırmaya yönlendirmiş; bu amaçla doğadaki oluşumları gözlemlemiş, taklit etmiş ve canlı veya cansız varlıklardan ilham almıştır. Bu bağlamda biyomimikri, doğadaki canlıların milyonlarca yıllık evrim sürecinde geliştirdiği çözümlerden ilham alarak, insan yaşamına uyarlanabilecek sürdürülebilir tasarımlar oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu süreçte, doğada karşılaşılan bir sorun ve doğanın o soruna verdiği yanıtlar gözlemlenir, ardından bu çözüm mimariye entegre edilmektedir.

Bu çalışma, biyomimikri kavramının tanımını ortaya koyarak, biyomimikrinin farklı seviyelerde (organizma, davranış ve ekosistem) doğadaki öğelerden nasıl ilham alarak yapı tasarımlara dönüştürülebileceğini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, dünyadaki biyomimikri mimari örnekleri değerlendirilerek, hangi canlıların hangi özelliklerinden ilham alınarak hangi projelerin üretildiğini ve bu sürecin sürdürülebilirlik hedeflerine nasıl katkı sağladığını incelemeyi amaçlamaktadır.

1.3. Tezin Kapsamı

Doğa her zaman tasarım için bir ilham kaynağı olmuş, tasarımlar ve karşılaşılan tasarım problemleri için çözüm yolları sağlamıştır. Doğanın incelenmesi sonucunda, doğanın tasarımların şekillenmesinde önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Doğada var olan nesnelerin taklidi sonucu tasarımlar çeşitlenmiştir.

Tez kapsamında, doğa, insan ve mimarlık ilişkisi ele alınarak doğa kavramı, doğa ve insan ilişkisi ile doğa ve mimarlık ilişkisi incelenmiştir. Daha sonra biyomimikri kavramı araştırılarak tanımı, anlayışı ve tarihçesi açıklanmıştır. Biyomimikrinin mimarlık alanındaki önemi vurgulanmış ve Biyomimikrinin hedefleri üzerinde durulmuştur. Son olarak biyomimikri ve mimarlık ilişkisi ele alınarak, mimari tasarımda biyomimikri yaklaşımı ve bu anlayışla biyomimikri kavramlaşmadan önceki örnekler incelenmiştir. Daha sonra biyomimikri yaklaşımları

ve seviyeleri(organizma, davranış ve ekosistem) hakkında bilgi verilip sınıflandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında on beş biyomimikri örneği incelenmiştir. Seçilen on beş farklı yapı, dünyanın farklı bölgelerinden olup biyomimikri uygulamalarını içeren örnekler arasından belirlenmiştir. Örneklerin seçiminde proje aşamasında yada mevcut olan projelere yer verilmiştir. Biyomimikri kavramı ilk defa 90'lı yılların sonunda ortaya atıldığı için çalışmanın başlangıç yılı olarak 2000 yılı alınmıştır. Örneklem sayısını on beş ile sınırlayabilmek ve literatür taramasında erişilen veriler doğrultusunda, zaman periyodunun üst eşiği 2015 yılı olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu yapıların sürdürülebilirlik hedeflerine katkıları incelenmiştir.

1.4. Tezin Yöntemi

Tez çalışması için literatür araştırması yapılmıştır. Google scholar, Researchgate, YÖK tez adlı arama motorları kullanılmıştır. Biyomimikri tanımı, yaklaşımları ve seviyeleri konuları doğrultusunda yazılmış tezler, makaleler, kitaplar ve diğer yayınlar incelenmiş, gerekli literatür taraması yapılmıştır. Bu çalışmada biyomimikri uygulamalarının incelenmesinde, organizma, davranış ve ekosistem seviyelerinde biyomimikri örneklerine odaklanılmıştır ve her seviyenin altında beş farklı boyut (form, malzeme, yapım, süreç, fonksiyon) üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Analiz edilen her üç biyomimikri seviyesi için beş farklı duruma ait toplamda on beş örnek incelenmiştir. Seçilen örnekler, biyomimikrinin mimari tasarımlara etkilerini gösterecek şekilde yapım yılı, çeşitli coğrafi bölgelerden ve farklı iklim koşullarından temsilci projelerden oluşmaktadır. İncelenen örnek projelerin iklimsel özellikleri, uluslararası kabul görmüş Köppen-Geiger iklim sınıflandırması temel alınarak değerlendirilmiştir. Bu sınıflandırma, sıcaklık ve yağış verilerine dayanarak bölgeleri farklı iklim tiplerine ayırmaktadır. Bu doğrultuda, Köppen-Geiger iklim sınıflandırılmasına göre seçilen on beş biyomimikri tasarım örneği incelenmiştir. Her bir örnek için, durumu, yapım yılı, konum, mimar, işlev, yükseklik ve iklim gibi bilgileri içeren bir yapı kimliği tablosu oluşturulmuştur. Ayrıca, biyomimikri yaklaşımları, biyomimikri seviyeleri ve biyomimikri alt seviyelerini bilgileri içeren bir analiz tablosu hazırlanmıştır. Bu tablo aracılığı ile biyomimikri yapı örnekleri arasında karşılaştırma olanağı doğmuştur. Bu doğrultuda analizlerle, Biyomimikri binaların hangi yıllar arasında, hangi ülkelerde ve hangi fonksiyonlar için inşa edildiği

belirlenmiştir. Ayrıca, yapıların ilham kaynakları, biyomimikri seviyeleri incelenerek, biyomimikri uygulamalarının yapı tasarımına katkıları değerlendirilmiştir.

1.5. Tezin Sınırlıkları

Bu çalışma, biyomimikri kavramı, yaklaşımları ve seviyeleri (organizma, davranış ve ekosistem) ile bu seviyelerin alt boyutları (form, malzeme, yapım, süreç ve fonksiyon) çerçevesinde sınırlandırılmıştır. Biyomimikrinin mimari tasarıma entegrasyonu, belirlenen çerçeve doğrultusunda ele alınmış olup, analizler 'problem odaklı' ve 'çözüm odaklı' yaklaşımları temelinde sınırlandırılmıştır. Çalışma, biyomimikri tasarım anlayışı ile geliştirilen mimari projelerin incelenmesiyle sınırlandırılmış olup, mühendislik, çevre bilimi gibi diğer disiplinlerdeki etkileri kapsam dışı bırakılmıştır. Ülkemizdeki örneklerin kısıtlı olması nedeniyle, incelemeler dünya genelinden seçilen on beş yapı ile sınırlandırılmış olup, bu yapılar inşa yılları ve coğrafi iklim koşulları dikkate alınarak analiz edilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

BİYOMİMİKRI VE MİMARLIK

Tarih boyunca insanlar doğayı bir esin kaynağı olarak görmüştür. Geçmişten günümüze kadar doğanın insan ve mimarlık üzerindeki etkisi her zaman var olmuştur ve insan, yaşamını sürdürebilmek için doğaya gereksinim duymuştur. Bu gereksinimler doğrultusunda doğadan ilham alan yaklaşımlar gelişerek biyomimikri anlayışına dönüşmüştür. Biyomimikri, doğayı taklit etme, kimi zaman ondan ilham alma, kimi zaman da doğada var olan sistemleri tasarımlara aktarma anlayışı şeklinde gelişmiştir. Bu kavramın temelinde her zaman doğa yer almaktadır. Bu bölümde öncelikle doğa, insan ve mimarlık ilişkisi ele alınarak doğa kavramı, doğa ve insan ilişkisi ile doğa ve mimarlık ilişkisi incelenmiştir. Daha sonra biyomimikri kavramı detaylandırılarak tanımı, anlayışı ve tarihçesi açıklanmıştır. Biyomimikrinin mimarlık alanındaki önemi vurgulanarak sürdürülebilirlik, performans iyileştirme, enerji korunumu, maliyetleri azaltma ve atık kavramını ortadan kaldırma gibi temel hedefleri üzerinde durulmuştur. Son olarak biyomimikri ve mimarlık ilişkisi ele alınarak, mimari tasarımda biyomimikri yaklaşımı ve bu anlayışla geliştirilmiş örnekler incelenmiştir.

2.1. Doğa, İnsan, ve Mimarlık İlişkisi

Doğa, insan ve mimarlık arasındaki ilişki, tarih boyunca sürekli bir etkileşim içinde olmuştur. İnsanlar, yaşamlarını sürdürebilmek için doğadan beslenmiş, ona uyum sağlamış ve zamanla doğaya şekil vermeye başlamıştır. Bu süreçte mimarlık, insanın doğayla kurduğu fiziksel ve sembolik bağlardan beslenerek gelişmiştir. Doğa, hem insan için hem de mimari tasarım süreçleri için ilham verici, eğitici ve öğretici bir kaynak olmuştur. Bu bölümde, öncelikle doğa kavramı ele alınarak doğanın insan yaşamındaki yeri ve önemi vurgulanacaktır. Ardından, doğa ve insan arasındaki ilişki tarihsel perspektifte incelenecek, insanın doğaya olan bakış açısının nasıl değiştiği ve bu değişimin yaşam tarzlarına nasıl yansıdığı üzerinde durulacaktır. Son olarak, doğa ve mimarlık arasındaki ilişkisi ele alınacaktır.

2.1.1. Doğa Kavramı

Doğa kavramı, her insanda, toplumda ve kültürde farklı düşünceler ve algılar oluşturur. İnsanlar bazen doğayı tanrılaştırırken, bazen ondan korkar, bazen ise eğlenmek ya da dinlenmek için kullanır. Ayrıca doğa, bilim ve sanat dallarında da esin kaynağı olmuştur. Bu nedenle doğa, farklı anlamlar yüklenen bir kavram haline gelmiştir (Us,2002).

Türk Dil Kurumu (TDK), doğayı; kendiliğinden var olan ve içinde hem canlı hem de cansız varlıkları barındıran, insan faaliyetleri dışında sürekli olarak kendini yenileyen ve değiştiren nesneler ve süreçlerin bütünü olarak tanımlanmaktadır (Türk Dil Kurumu, 2019). Bir başka tanıma göre ise doğa; problemlere sunduğu çözümlerle mükemmelleşen, değişime uyum gösteremeyen çözümleri ortadan kaldıran, madde ve enerji unsurlarından oluşan ve kendi kendini organize eden bir sistemdir (Özen, 2016). Aristoteles, doğayı kendi yasalarına sahip, canlı bir varlık olarak görür ve bitki ile hayvanların alt tabakayı oluşturduğu, insanların ise en üstte yer aldığı bir hiyerarşik sınıflandırma yapılıdır (Geiger, 1985; Kavuran, 2003). Platon'un doğa felsefesine göre doğa, kendi içinde bir düzene sahiptir ve bu düzende bir hiyerarşi bulunmaktadır. Bu hiyerarşi içinde bir parçanın yokluğu, tüm düzenin bozulmasına yol açmaktadır. Doğadaki varlıklar incelendiğinde, çevreleriyle aralarındaki dengeyi sağladıkları ve bu denge prensibinin Platon'un felsefesini desteklediği görülmektedir. Örneğin, birçok canlı için barınma ve beslenme gibi temel ihtiyaçları karşılayan bitkiler, hayatta kalabilmek için toprak, su ve güneş ışığına ihtiyaç duymaktadır (Collingwood, 1999).

Farklı anlamlar yüklenmiş doğa kavramı genel olarak, canlı ve cansız unsurlar bakımından çeşitlilik gösteren, etkilenen ve etkileyen, değişebilen ve değiştiren, yenilenebilme ve oluşturabilme özelliklerine sahip olan; insan etkisi dışında oluşmuş ve insansız da var olabilen; kendi mekanizmaları ve kanunları olan, çok farklı unsur, olgu, varlık, ilişkiler, etkileşimler ve süreçleri kapsayan; sınırları kesinlik taşımayan açık bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Atasoy, 2005).

Doğa, canlı ve cansız varlıkları barındıran ekosistemlerden oluşur. Ekosistemlerdeki tüm canlı ve cansız varlıklar, birbirleri ve doğa ile etkileşim halindedir. Bu etkileşimler ile ekosistemler doğada bir denge içindedir. Yaşam tarihi boyunca dünya üzerindeki tüm türler, belirli doğal kurallara göre yaşamlarını sürdürmüşlerdir (Desonie, 2008). Ancak insan, doğal çevresini değiştirebilen ve

ekosistemlere müdahale ederek doğadaki dengeyi etkileyebilen bir canlı türüdür. Bu bölümün devamında, doğayı etkileyen insanın doğa ile ilişkisi incelenecektir.

2.1.2. Doğa ve İnsan İlişkisi

İnsan her ne kadar karmaşık ve organize bir canlı olsa da çevresiyle sürekli iletişim halinde olmasından dolayı diğer tüm canlı ve cansız sistemler gibi açık bir sistemdir ki bu da onun doğanın bir alt parçası olduğunun ve yaşamını devam ettirmek için doğaya ihtiyaç duyduğunun kanıtıdır (Güler, 2000). İnsan, doğada yaşayan canlı türlerinden birisidir. İnsan doğaya bağımlıdır. İnsanlar, ekosistemin bir parçasıdır ve yaşamlarını devam ettirebilmek için doğadaki kaynaklara ihtiyaçları vardır. Oksijen, su, enerji kaynaklarını sağlayan doğa, insan yaşamı için bir zorunluluktur (Kahn, 1999).

İnsanlığın doğayla kurduğu ilişki, tarih öncesi dönemlerden itibaren çeşitli evrelerden geçmiştir. Avcılık ve toplayıcılık dönemi, insanın doğa ile etkileşimdeki ilk evresidir. Bu dönemde İnsanlar, başlangıçta doğanın sunduğu kaynaklardan faydalanarak hayatta kalmışlardır. Yiyeceklerini avcılık ve toplayıcılıkla sağlamışlardır. Bu dönemde insanlar doğaya tamamen bağımlıydı ve doğayla uyum içinde, göçebe bir yaşam sürdürmüşlerdir. Ekosistemlere verdikleri zarar oldukça sınırlıdır (Desonie, 2008). Doğaya bağlı yaşayan insanın doğa ile arasındaki ilişki, yerleşik hayata geçmesi ve devamında sanayi devrimi ile birlikte değişmeye başlamıştır. Yaklaşık 10.000 yıl önce tarımın keşfiyle birlikte insanlar yerleşik hayata geçmiş ve doğaya müdahale etmeye başlamıştır. Doğayı daha fazla dönüştürmeye, değiştirmeye ve kullanmaya başlamıştır. Tarımsal üretim için ormanların tahrip edilmesi, sulak alanların kurutulması, doğal yaşam alanlarının yok edilmesi gibi insan faaliyetleri, biyolojik çeşitliliği azaltmış, pek çok türün yaşam alanını daraltmıştır (Ponting, 2007).

18. ve 19. yüzyıllarda gerçekleşen sanayi devrimiyle birlikte insan-doğa ilişkisi bir dönüşüm geçirmiştir. Teknolojinin ve mekanikleşmenin etkisiyle, kentleşme oranı hızla artmış ve doğanın insanlar için sadece bir kaynak değil, aynı zamanda estetik bir değer taşımaya başlamıştır. İnsanlar, doğayı gezilecek, seyredilecek bir alan olarak görmeye başlamış, doğal kaynakların tükenme riski göz ardı edilmiştir. Bu dönemde, doğa ile bağlantı zayıflamış, insanlar daha fazla doğadan bağımsız bir yaşam sürmeye

başlamıştır (Güler, 2000). Günümüzde sanayileşme ve kentleşmenin getirdiği çevresel sorunlar, insanları doğayla olan ilişkilerini yeniden değerlendirmeye yönlendirmiştir. Günümüzde doğa ile uyumlu yaşam, sürdürülebilirlik ve çevreye saygı temaları ön plana çıkmaktadır (Korkmaz, 2022).

2.1.3. Doğa ve Mimarlık İlişkisi

Mimarlık doğayla bütünleşerek gelişmiş ve tarih boyunca doğadan ilham alarak şekillenmiştir. İlk insanlar barınma ve korunma ihtiyaçlarını mağara, ağaç kovukları gibi doğal barınakları kullanarak yaşamlarını sürdürmüştür. Ancak zamanla bu doğal sığınaklar yetersiz hale gelmiş ve insanlar kendi barınaklarını inşa etmeye başlamıştır. Mimarlığın temeli de bu ihtiyaçlardan kaynaklanmaktadır. Mimarlık, yaşamımızın her alanında içinde bulunduğumuz, istesek de istemesek de bizi sürekli olarak etkileyen, kendisinden kaçınamadığımız bir sanattır; deneyimimiz ve bilğimiz geliştikçe değiştirerek ve gelişen koşullara uydurarak kendimiz için yaptığımız çevredir (Selçuk, Sorguç, 2007). İnsanlar, doğayı gözlemleyerek ve ondan ilham alarak yapılarını inşa etmişlerdir. Mimarlık tarihine bakıldığında, özellikle kolon başlıklarında bitkilerin incelenmesiyle ortaya çıkan yaprak ve çiçek motiflerinin kullanıldığı görülmektedir. İnsanlar bir gereksinimi karşılamak için yapı inşa ederler, ama bu gereksinimi karşılarken bile, değerlere ve duygulara anlatım kazandırırılar. Doğa mimariye birçok açıdan katkı sağlamaktadır (Roth, 2014). Doğanın sağladığı sığınaklar yetersiz kalınca başlayan mimarlık eylemi daha sonra ailelerin veya daha büyük toplulukların çeşitli faaliyetlerini barındıran yapılar, belli düzenler içinde bir araya geldikleri zaman, kişinin boyunu aşan, meydan, sokak, mahalle gibi büyük yerleşme ögelerini ortaya çıkarmıştır (Kuban, 2014). Yerleşik hayata geçişle, tarım gibi insanların doğayı değiştiren faaliyetleri de başlamıştır.

18. Yüzyılda sanayi devrimi ile mimarlık ve doğa arasındaki bağ giderek zayıflamıştır. Kentlerde sağlıksız ve kontrolsüz yapılaşma artmış, doğal alanlar azalmaya başlamış ve teknolojinin etkisi ile mimarlık doğadan uzaklaşmaya başlamıştır. Sanayileşmeye bağlı olarak artan enerji tüketimi, karbon emisyonlarının artmasına ve dolayısıyla çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Korkmaz, 2022). Bu sorunlara çözüm arayan pek çok araştırmacı, ekolojik sistemlerin devamlılığını sağlamak için toplumun çevreye duyarlı tasarımlara geçiş yapması gerektiğini vurgulamaktadır (Harmankaya, 2022). Bu konudaki çalışmalar sonucu

doğadan esinlenen tasarımlar ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda doğayı daha sistemli ve detaylı inceleyerek, mimari tasarımlarda uygulamak ve doğadan ilham almak, tasarım sürecine önemli bir katkı sağlamaktadır. Doğadan ilham alma süreci olarak bilinen biyomimikri kavramı da giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

2.2. Biyomimikri Tanımı ve Anlayışı

Biyomimikri, Yunanca "bios" (yaşam) ve "mimesis" (taklit etme) kelimelerinin birleşiminden türetilmiş bir kavram olup, ilk kez 1950 yılında Amerikalı mühendis Otto Schmitt tarafından kullanılmıştır (Eggermont, 2007). Bu tasarım prensibi, doğanın milyonlarca yıllık evrimsel süreçlerinde geliştirdiği yapıları ve stratejileri inceleyerek, insanlık için sürdürülebilir çözümler aramayı amaçlamaktadır. Türkçe de "biyo taklit" olarak da çevrilen biyomimikri kavramı, ilk kez biyoloji yazarı Janine Benyus'un 1997 yılında yayımlanan "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature (Biomimicry: Doğadan İlham Alan Yenilik)" adlı kitabında kullanılmıştır. Benyus'a göre, doğa, 3,8 milyar yıllık evrimsel araştırma ve geliştirme süreci sonunda, hangi çözümlerin işe yaradığını, hangilerinin uygun olduğunu ve hangi stratejilerin uzun vadede sürdürülebilir olduğunu öğrenmiştir. Doğada insanoğlunun çözmeye çalıştığı birçok sorun hâlihazırda çözülmüş durumdadır, önemli olan insanların aradıkları çözüm için doğaya bakmaları gerekmektedir (Benyus, 1997).

Doğanın Dokuz Prensibi; Janine Benyus biyomimikrinin temelindeki tasarım ölçütlerindeki dokuz prensibinden söz etmiştir. Benyus (1997)'e göre insanların yapacakları tasarımlarda bu prensipler dikkate alınmalıdır. Bu prensipler;

- doğa devamlılığını güneş ışığı ile sağlar,
- doğa yalnızca ihtiyacı kadar enerji kullanır,
- doğa formu işleve uygun hale getirir,
- doğa her şeyi geri dönüştürür,
- doğa iş birliğini ödüllendirir,
- doğa esnektir ve değişime eğilimlidir (değişen koşullara uyum sağlar),
- doğa yerel uzmanlığı talep eder,
- doğa ihtiyaç fazlasını engelleyerek içindeki aşırılığa hâkim olmaktadır,

- doğa sınırların gücünü zorlamaktadır (Benyus, 1997).

Bu prensipler doğadan öğrenilmesi gereken tasarım stratejileridir. Tasarımlara ışık tutar ve bu ilkeler doğrultusunda tasarımlar şekillenmektedir. Doğadan fikir alabilmek veya doğayı örnek olarak kullanabilmek için doğanın kendi yasaları çerçevesinde anlaşılması, doğadaki çeşitli organizmaların ve türlerin nasıl ve niçin olduğunun gözlemlenmesi ve daha sonra prensiplerinin örnek alınarak tasarımlara aktarılması gerekmektedir (Özen, 2016). Benyus, doğaya bir model, kılavuz ve ölçüt olarak bakılması gerektiğini vurgulamakta ve yaptığı çalışmalarda doğa-tasarım etkileşimini üç farklı şekilde yorumlamaktadır (Benyus, 1997):

Model olarak doğa: İnsanoğluna yardımcı olmak için karşılaşılan sorunlara karşı doğada var olan modeller temel alınarak esin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Amaç doğadaki canlı ve cansız varlıklar gibi üretim yapabilmektir.

Ölçü olarak doğa: Ölçü olarak doğa, ekolojik ölçütleri kullanarak üretilen yeniliklerin, problemlerin çözümündeki uygunluğuna ve sürdürülebilir geçerliliğine karar vermektedir. Doğa varoluşundan bugüne kadar sistemlerin nasıl çalıştığını, en elverişli ortamların nasıl olması gerektiğini ve çalışma dayanımlarını bilerek ölçütlerini kendisi belirlemiştir.

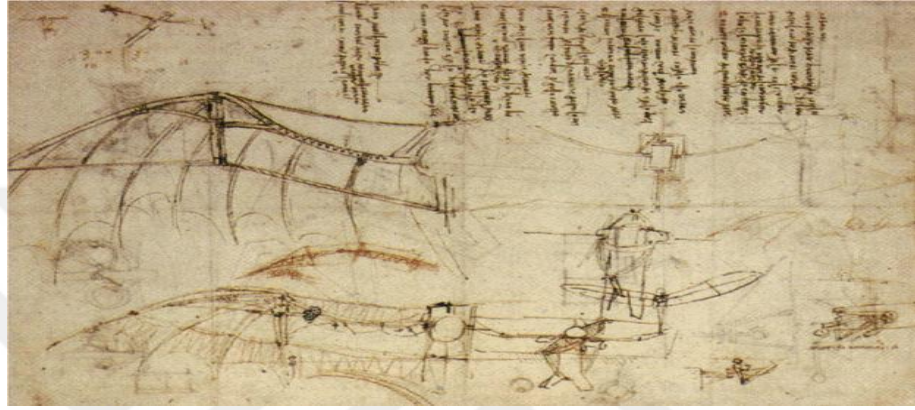
Kılavuz olarak doğa: Doğayı incelemenin ve çıkarımlarda bulunmanın yeni bir biçimi olarak açıklanmaktadır. Amaç doğanın ne verdiği ile değil, neyi öğreteceği ile ilgilenmektedir (Benyus, 1997).

Bu üç ilke, biyomimikriyi bir bilim biçimi ve bir tasarım yöntemi olarak tanımlamaktadır. Doğadan türetilen çözümleri mükemmel tasarımla aşılıyarak, daha çevre dostu, etkili ve verimli çözümlerin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır (Benyus, 1997).

2.3. Biyomimikrinin Tarihçesi

Tarihsel süreç içerisinde biyomimikri kavramının gelişimi, çeşitli bilimsel ve teknolojik keşiflerle şekillenmiştir. Tarihteki ilk doğadan esinlenme hareketlerinden birini gösteren Leonardo Da Vinci'dir. 1485 yılında Leonardo da Vinci'nin doğadaki kuşların kanat yapısını inceleyerek tasarladığı Ornithopter çizimleriyle başlamaktadır. Da Vinci'nin bu çizimleri, havacılık alanında biyomimikriye dayalı örneklerden biri

olarak kabul edilmektedir. Canlıları, özellikle kuşları inceleyerek uçan araçların tasarımlarına yönelik çizimler yapan Leonardo da Vinci, çağında gerçekleştirilmemiş olsa da, kuşların uçuşunu gözlemleyerek tasarladığı uçan makinesiyle havacılıkla ilgili ilk teorik temeli atmıştır (Şekil 1) (Akgöze, 2015). Döneminde uygulanamayan bu çizimler daha sonraları Wright Kardeşlere esin kaynağı olmuştur. Kuşların hareket biçimlerini inceleyen Wright Kardeşler araştırmalarını genişleterek Da Vinci'ye ait olan çizimleri geliştirerek 1903 yılında ilk uçağı üretmişlerdir (Lodato, 2005).



Şekil 2. Leonardo Da Vinci'nin Uçan Makinesinin Eskizi (Özen, 2016).

1948 yılında doğadaki çengelli tohumların yüzey özelliklerinden ilham alınarak Velcro bandı keşfedilmiştir. Bu ilham, özellikle dulavrat otu ve çengelli tohumların yapısal özelliklerinden gelmiştir. İsviçreli mühendis George de Mestral, köpeğiyle yaptığı bir doğa yürüyüşü sırasında giysilerine ve köpeğinin tüyelerine yapışan dikenli tohumları fark etmiştir. Mercek altına aldığı tohumları incelediğinde, bu tohumların yüzeyindeki küçük, kanca şeklindeki çıkıntıların kumaş liflerine ve tüylere nasıl sıkıca tutunduğunu gözlemlemiştir. Bu doğal mekanizmayı taklit ederek, Velcro (cırt cırt bantları) adlı buluşu geliştirmiştir. Bu keşif, biyomimikri alanındaki örneklerden biri olarak kabul edilmektedir (Esencan, 2024).

Amerikalı mühendis Otto H. Schmitt 1950 yılında biyomimikri kavramını, doğanın deneyimlediği dokuları ve stratejileri inceleyerek var olan problemlere tasarımlarıyla sürdürülebilir çözümler getirme disiplini olarak tanımlamıştır (Eggermont, 2007). 1982 yılına gelindiğinde, biyomimikri kavramı ilk kez bir doktora tezinde ele alınmış ve akademik çalışmalarda yer almaya başlamıştır (Türk, 2018, s. 13). Bu gelişme, biyomimikri alanında yapılan bilimsel araştırmaların artmasına ve disiplinler arası çalışmaların teşvik edilmesine önemli katkılarda bulunmuştur. 1997

yılında Janine Benyus'un "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" adlı kitabını yayımlaması ise, biyomimikrinin bir disiplin olarak geniş kitlelere ulaşmasını sağlamış ve bu alandaki çalışmaların daha sistematik bir çerçeveye oturmasına olanak tanımıştır. Sonuç olarak, biyomimikri kavramı tarih boyunca doğadan esinlenen biyomimikriyi tasarlama süreçlerine dahil etmeye ve tasarım süreçlerinin bir parçası haline getirmeye başlamışlardır. Tasarımcılar tasarım süreçlerine doğayı gözlemlemeyi ve doğadan bilinçli şekilde faydalanmayı dahil ettikçe yeni bakış açıları edinmiş, tasarım süreçlerini verimli ve etkin olarak yürütebilmişlerdir (Kuday, 2009). Doğadan öğrenmek tüm canlıların ortak noktası olduğu gibi insanların da varoluşundan itibaren uyguladığı bir yöntemdir. İnsanlar bu yöntemi, hayatı ve yapılı çevreyi geliştirmek için, doğadaki mekanizmaları taklit ederek, verimli ve etkili çözümler sağlamayı hedefleyerek, yüzyıllardır uygulamaya çalışmaktadır. "Çünkü doğa hayatın ve tasarımın temelinde yer almaktadır" (Karabetça, 2015).

2.4. Biyomimikrinin Önemi

Biyomimikri, insanlığın karşılaştığı problemleri çözmeye yönelik bir yaklaşım olarak, doğadan alınan tasarım ilkelerinin teknolojiyle entegre edilerek çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Doğa, sürekli bir yenilenme ve döngü halinde varlıklarını sürdürürken, bu süreçte ekosistem dengesini bozmadan devam ettirmiştir. Tarihsel gelişim sürecinde, bu varlıklar doğanın sunduğu kaynakları verimli bir şekilde kullanarak hem kendi hayatta kalmalarını sağlamış hem de ekosistem üzerinde kalıcı olumsuz etkiler bırakmamıştır. Örneğin, Karbondioksit gazı, genellikle insanlar tarafından zehirli olarak tanımlanmakta iken, doğadaki bazı organizmalar bu gazı kendi temel yapı taşları olarak kullanmaktadırlar. Özellikle bitkiler, karbondioksiti besinlerinin temel bileşeni olarak kullanarak fotosentez sürecini gerçekleştirirler. Biyomimikri doğanın bu döngüsel süreçlerini inceleyerek sürdürülebilir çözümler geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Erden, 2011). Benzer şekilde biyofilik tasarım uygulamalarında sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunduğu, enerji verimliliğini arttırdığı ve ekosistem dengesiyle uyum sağladığı araştırmalarda ortaya konmuştur (Agboola, Nia, Fındıkgil ve Yıldırım 2024). New York Üniversitesi Tisch Sanat Okulu profesörü Geoffrey W. Coates, bitkilerin karbondioksitten moleküller sentezleme yöntemlerini inceledikten sonra, karbondioksitten polikarbonat üretmenin bir yolunu keşfetmiştir. Polikarbonatlar, geri dönüşümü mümkün olan plastiklerin üretiminde

kullanılan malzemelerdir. Plastiklerin doğada tamamen yok olmasının yaklaşık 1000 yıl sürdüğü göz önüne alındığında, doğanın korunması için doğadan ilham almanın ne denli önemli olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır (Erden, 2011).

Doğanın dikkatlice gözlemlenmesi ve doğru çıkarımlar yapılması, insanların geliştirdiği birçok icadın temelde doğada var olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, yapı mühendisliğinde kullandığımız kolon ve kiriş sistemi, bambu saplarında ve zambakların iç yapılarında bulunabilmektedir. Ayrıca, insan yapımı teknolojilerin en gelişmiş örnekleri ile karşılaştırıldığında, örneğin frekansları yüksek olan yarasaların iletişim sistemleri, duyu algısının ne denli karmaşık olduğu konusunda ipuçları sunmaktadır. Dünya üzerinde keşfedilmiş en eski bakteri türlerinin kamçılarını harekete geçirmek için kullandıkları küçük ve hareketli motor yapılarında bulmak mümkündür (Benyus, 1997). Biyomimikri, yalnızca karmaşık tasarım süreçlerinde değil, aynı zamanda günlük yaşamımızda da önemli bir yer tutmaktadır. Örneğin, günümüzün büyük problemlerinden biri olan trafik kazalarını engellemek için geliştirilecek bir geri bildirim sistemi, biyomimikriyi gündelik yaşantıya adapte etme örneğidir. Bu sistem, göçmen çekirgelerinin sürü hareketlerini koordine etme biçiminden ilham alınarak tasarlanabilmektedir. Göçmen çekirgelerinin sürü halinde hareket ederken birbirleriyle temas etmeden yön değiştirmeleri, insansız kara araçlarında trafik kazalarını önlemek için önemli olduğu görülmektedir (Erden, 2011). Bu türden biyomimikrik çözümler, teknolojiye doğanın sunduğu bilgileri entegre etmenin, toplumsal hayata katkılar sunduğunun da bir örneğidir.

İnsan yapımı sistemler zamanla arızalanabilir veya çökmeler yaşayabilmektedir. Bu durumun temel sebepleri teknik problemler olmakla birlikte, ekonomik faktörler de önemli bir rol oynamaktadır. Ancak doğa, milyarlarca yıldır kendi sistemlerini ve yaşamını sürekli iyileştirmiş ve ilerletmiştir. Doğal sistemler, kendini sürekli olarak yenileyen ve sürdürülebilir kaynaklar üreten bir yapıya sahiptir. Bu süreçler, biyomimikriye ilham veren unsurların başında gelir, çünkü doğa her zaman çevresel zorluklara karşı en verimli ve sürdürülebilir çözümleri geliştirmiştir. Doğanın işleyişine dair derinlemesine yapılan analizler, günümüz problemlerine çözüm bulmak için pek çok ilham verici yaklaşım sunmaktadır. Problemlerine cevap arayan tasarımcıların, aradığı cevapların birçoğunun doğada mevcut olduğu görülmektedir (Banger, 2016).

2.5. Biyomimikrinin Hedefi

Doğada var olan organizmaların, ekosistemlerin ve biyolojik süreçlerin işleyişini derinlemesine analiz eden biyomimikri, doğanın etkin, dayanıklı ve uyumlu çözümler üretme kapasitesinden ilham alarak çeşitli alanlarda dönüşüm sağlamayı hedeflemektedir. Günümüzde artan çevresel sorunlar, kaynakların azalması ve ekolojik dengeyi koruma gerekliliği, biyomimikri temelli tasarımların önemini arttırmaktadır. Bu kapsamda, biyomimikrinin temel hedefleri aşağıdaki başlıklar çerçevesinde değerlendirilmektedir (Benyus, 1997):

- Sürdürülebilirlik
- Performansı artırma
- Enerji tasarrufu
- Maliyetleri azaltma
- Atık kavramını ortadan kaldırma ve yeniden tanımlamak

2.5.1. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı, sözlükte "bir kaynağın, tükenmeyecek veya kaynağa sürekli zarar vermeyecek şekilde değerlendirilmesi ya da kullanılması" olarak tanımlanmıştır (Kimilli, 2006). Sürdürülebilirlik kavramı, son yıllarda giderek artan bir öneme sahip olmuştur. Bu kavramın, son dönemde gerçekleştirilen çalışmalarda sıklıkla vurgulandığı görülmektedir (Kuhlman, 2010; Aydın, 2017). Sürdürülebilirliğin genel anlamda kabul gören tanımı, Brundtland Komisyonu tarafından 1987 yılında yapılan tanımda yer almaktadır. Komisyon, sürdürülebilir kalkınmayı, mevcut insan ihtiyaçlarının, gelecekteki nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kapasitesini riske atmadan, yani gelecek kuşakların yaşamlarına zarar vermeden, bugünkü ihtiyaçları karşılayabilme biçiminde tanımlamıştır. Bu tanım, sürdürülebilirlik kavramının en kapsamlı ve yaygın olarak kabul edilen tanımı olarak yer almaktadır (Aydın, 2017).

Örneğin vücudumuzda meydana gelen yaralanma veya darbeler sonucu zarar gören bir organizmanın, bu hasarları iyileştirebilmek için doğal bir iyileşme sürecini başlatması, biyolojik sistemlerin onarım mekanizmalarına dair önemli bilgiler sunmaktadır. Kemik yapısının maruz kaldığı hasarın boyutu tespit edilip, bu yapının

başlangıçtaki sağlam haline kadar iyileşebileceği anlaşılmıştır. Kemik yapısındaki bu araştırmalar, sentetik malzemelerin gelişim ve tasarım süreçlerine katkı sağlamış ve ek bir maddeye ihtiyaç duymadan kendini iyileştirme yeteneğine sahip polimer malzemelerin keşfedilmesine önemli ölçüde yardımcı olmuştur. Bu polimerlerde, kendini onarma yeteneğine sahip maddeler, küçük kapsüller halinde yerleştirilmiştir. Materyal hasar tespit edildiğinde, daha önce yerleştirilmiş olan kapsüller açılarak çatlakları onarmaya yönelik iyileştirici ajanları serbest bırakılmaktadır. Kendini onarabilen malzemelerin geliştirilmesi, malzeme bakım ve yenileme maliyetlerini azaltmanın yanı sıra, malzemenin mukavemetinin de artmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, sürdürülebilirlik açısından kendini onarabilen malzeme çeşitlerinin varlığı önemli bir örnek teşkil etmektedir (Vierra, 2011).

2.5.2. Performans İyileştirme

Doğa, var olan stratejilerini hayatta kalma ve uyum sağlama bağlamında milyarlarca yıl boyunca test etmiş ve yalnızca faydalı, etkili olanları sürdürülebilir kılarken, işe yaramayan ve kullanışsız olanları yok ederek kazanmıştır. Biyomimikri, doğanın bu süreçte kazandığı bilgi ve deneyimleri inceleyerek, hayatta kalma stratejilerinden faydalanan bir yaklaşım sunmaktadır. Bu anlayış, insanların ürün geliştirme süreçlerinde, doğanın evrimsel başarılarından yararlanarak daha verimli ve etkili çözümler üretmelerine katkı sağlamaktadır (Akgöze, 2015).

Performans geliştirme sistemlerinin bir örneği, biyomekatronik teknolojilerinin uygulama aşamasında karşımıza çıkmaktadır. Bu aşama, fil hortumundan esinlenerek tasarlanmıştır (Şekil 2). Almanya mühendislik firması tarafından tasarlanan ve dağıtım işlemini desteklemek amacıyla kullanılan biyonik hortum, ağır yükleri dahi etkili bir şekilde taşıyabilme kapasitesine sahiptir. Hortumun her bir segmentinde yer alan hava kesecikleri, havanın alınıp verilmesiyle her bir birimin genişleyip büzülmesini sağlayarak bu işlevi yerine getirmektedir (Divarcı, 2016).



Şekil 3. Fil Hortumu Esintili Robotik Kol Tasarımı (Söğüt & Aytar Sever, 2019).

2.5.3. Enerji Korunumu

Enerji korunumu, biyomimikri çalışmalarında doğanın enerji verimliliği stratejilerinden ilham alarak tasarımlar geliştirilmesini sağlamaktadır. Doğadaki canlılar, enerji tasarrufu sağlamak amacıyla çevresel koşullara uyum sağlayarak maksimum verimle çalışmaktadırlar. Bitkiler, enerji ihtiyaçlarını güneş ışınlarından temin ederken, hayvanlar ise bu enerjiyi bitkilerden ya da avladıkları canlılardan elde ederler. Bu denli sınırlı bir kaynak olan enerjinin temin edilmesinin zorluğu göz önünde bulundurulduğunda, doğa, enerji korunumu ve yüksek verimlilik sağlama noktasında etkili çözümler geliştirmiştir. Bu çözümlerden ilham alarak, insanlar enerji kullanımını daha verimli hale getirebilir ve tüketimi en aza indirerek çeşitli çözümler üretebilmektedirler (Akgöze, 2015).



Şekil 4. a)Morpho Kelebeği b)Morphotex Kumaş (Das, Shanmugam, Kumar, & Jose, 2017).

Doğadaki enerji korunumuna örnek olarak Morphotex'tir. Morfo kelebeğinden ilham alınarak geliştirilmiş bir fiber malzemedir. Bu malzeme, kelebeğin kanatlarındaki renk değişimini taklit eder ve renk üretmek için iki farklı polimerden yapılan 61 katmanlı bir nanoteknoloji kullanır. Morfo keleklerinin kanatları ışığı ve ısıyı yönetmek için benzersiz yapıya sahiptir. Bu tasarım, geleneksel boyalar ve pigmentlere kıyasla daha düşük enerji tüketir, böylece çevreye daha az zarar

vermektedir. Şekil’3 te görüldüğü üzere Morphotex'in bu enerji verimli yapısı, enerji tasarrufu sağlayarak sürdürülebilir malzemelerin üretimine katkıda bulunmaktadır (Das, Shanmugam, Kumar, & Jose, 2017).

2.5.4. Maliyetleri Azaltma

Doğanın malzeme kullanım prensibi, mevcut hammaddeleri şekillendirerek işlemek üzerine kuruludur. Bunun temel nedeni, hammaddelerin kullanımının maliyetli olmasıdır. Bu bağlamda, doğayı gözlemleyip onun biçimlendirme süreçlerini anlayarak taklit etmek, ihtiyaç duyduğumuz hammadde miktarını azaltmamıza olanak tanıyacaktır (Akgöze, 2015).

Güneş enerjisini toplamak amacıyla kullanılan fotovoltaik sistemler, bir yaprağın enerji üretim sürecini taklit etme yönünde atılan ilk adımdır. Fotovoltaik sistemlerdeki enerji verimliliği, doğadaki yaprakların güneş ışığını ne kadar etkili bir şekilde absorbe ettiğine dayanmaktadır. Yaprakların enerji toplama sürecinden esinlenerek, bu alandaki uzmanlar karbon bazlı ve su bazlı jellerle yapılan yapılar tasarlamaktadır (Şekil 4). Bu yapılarda klorofil kullanılarak esneklik artırılmakta ve maliyetler düşürülmektedir. Bu şekilde, güneş enerjisi toplama teknolojilerinin daha verimli ve ekonomik hale gelmesi hedeflenmektedir (Vierra, 2011).



Şekil 5.Yaprak Yapısı ve Fotovoltaik Güneş Paneli (Url-1)

2.5.5. Atık Kavramını Ortadan Kaldırmak ve Yeniden Tanımlamak

Bir habitat içindeki madde ve besinlerin dönüşümünü inceleyerek ve bu süreçleri tasarım aşamalarında uygulayarak, kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak ve gereksiz atık üretimini engellemek mümkündür (Akgöze, 2015). Örümceklerin ürettiği ipekler, olağanüstü özelliklere sahip yapısal malzemelerdir. Gerilme esneklikleri son derece yüksek olduğundan, örümcek ipeğini koparmak için gereken enerji, benzer biyolojik materyalleri koparmak için harcanan enerjinin on katı

kadardır. Diğer bir avantajı ise ürettikleri ipliğin tamamen geri dönüşümlü olmasıdır. Örümcek, bozulan ağını tüketerek yeniden iplikçik üretebilir. Birçok tekstil makinesi, örümceklerin üretim yöntemlerinin benzerlerini kullanmaktadır (Şekil 5). Örümcekler, tamamen geri dönüşümlü ipliklerin üretimi konusunda ilham kaynağı olabilmektedir (Url-2).



Şekil 6. Örümcek İpliği ve Tekstil Makinalarında İplik üretimi (Url-2)

2.6. Biyomimikri ve Mimarlık

İnsanoğlu, yıllar süren hayatta kalma mücadelesi boyunca doğayı gözlemlemiş, doğadaki süreçleri taklit etmiş, bu süreçleri durumuna göre yorumlayarak ve yaptığı tespitleri sentezleyerek karşılaştığı zorlayıcı koşullara çözüm üretmiştir (Arslan Selçuk ve Gönenç Sorguç, 2004). Mimarlıkta doğanın ilham kaynağı olma sürecinin başlangıcı, insanın kendini korumak amacıyla bir sığınak inşa etmeyi öğrendiği ilk dönemlere kadar dayanmaktadır (Arslan Selçuk, 2009).

Mimarlık, çeşitli yönleriyle doğayı bir ilham kaynağı olarak ele almaktadır. Mimarlar, insanlar ile doğa arasındaki uyumlu ilişkiyi sağlamak ve sürdürmek amacıyla doğada gözlemledikleri örneklerden, bulundukları dönem, stil veya eğilimler göz ardı edilerek farklı düzeylerde, biçimlerde ya da sadece bir süsleme aracı olarak etkilenmişlerdir. Doğa, pek çok özelliğiyle mimarlara ilham vermiş ve vermeye devam etmektedir. Mimarlar, mimari tasarımları için fikirler geliştirirken doğadan yararlanmışlardır (Feuerstein, 2002).

Antik çağda yaşamış ilk mimari teorisyenlerden biri olan Vitruvius, biyolojik analogiyle mimarlığın birbirinden ayrılamaz bir ilişkiye sahip olduğunu ifade etmiştir. Vitruvius, canlıların kendi ayakları üzerinde durabilmesi, gerekli koşullara cevap verebilmesi ve mükemmel bir görünüme sahip olması gibi özelliklerin, mimarının de aynı niteliklere sahip olması gerektiğini öne sürmüştür (Günaydın, 2019). Vitruvius'un

bu düşünceleriyle paralel olarak, Antik Yunanlılar da mimari yapılar tasarlarken ve inşa ederken, kullandıkları oranlarda insan vücudunun oranlarından faydalanmışlardır. Vitruvius'un insan vücudunu gözlemleyerek kare, daire gibi basit geometrik biçimlerden yararlanarak oluşturduğu "Homo-Quadratus" (Vitruvius Adamı) adı verilen çizimlerini, Leonardo da Vinci daha sonra detaylandırmıştır (Güven, 1990).Yüzyıllar boyunca doğa üzerindeki gözlem ve analizler artarak devam etmiştir. Mimarlar, doğa ve mimarlık gibi iki farklı alan arasında çeşitli benzerlikler keşfetmişlerdir (Günaydın, 2019).

Ortaçağ döneminde, Avrupa'da Batı Roma İmparatorluğu'nun yıkılmasıyla birlikte kavimler göçü başlamış ve toplumları derinden etkileyen bu olay, mimari ve sanatı da etkilemiştir. Bu dönemde hayvan figürlerinden esinlenen sanat eserleri yapılmış ve Gotik mimarisi ile birlikte sanat eserleri geometrik formlardan organik formlara yönelerek alışılmadık dinamik formlar ortaya çıkmıştır. 15. ve 16. yüzyıllarda Rönesans akımından etkilenen Orta ve Batı Avrupa, insanı amaç ve merkez edinen antik anlayışa karşı çıkarak formların mantığa uygun şekilde oluşturulduğu bir mimari anlayış benimsemişlerdir. 17. ve 18. yüzyıllarda egemen olan Barok ve Rokoko akımlarının tarzları da, keskin hatlar yerine "C" ve "S" kıvrımları, düz çizgiler yerine eğri çizgiler ve istiridye kabuğuna benzer şekiller gibi doğadan esinlenen etkiler barındırmaktadır (Melvin & Şahin, 2007).

19. yüzyılda ortaya çıkan Art Nouveau akımının öncüsü olan İspanyol mimar Antoni Gaudí, mimari eserlerinde çoğunlukla doğadan esinlenmeyi tercih etmiştir. Doğadaki hayvan ve bitkilerdeki biçimler, uzatılarak ve inceltilerek sanatçılar tarafından kullanılan formlar haline gelmiştir. Bu formlardaki çeşitlilik, demir, cam, seramik, tuğla gibi farklı malzemelerin kullanımıyla malzeme ve renk zenginliği kazandırılmıştır. Art Nouveau akımı ile özdeşleşen İspanyol mimar ve heykeltıraş Antoni Gaudí, tasarımlarında ağaç gövdesindeki dokuları plan düzlemine aktararak, demir korkuluklarında deniz yosunu kıvrımlarından ilham alarak ve strüktürde hayvan iskeletine benzer formlar arayarak doğadan ilham almıştır (Bilmen, 2019).

19. yüzyılın aksine, 20. yüzyılda mimarlar doğadan uzaklaşarak makinelerden ilham almaya başlamışlardır. 20. yüzyılın önemli mimarlarından Le Corbusier, evin yaşam alanı olarak bir makine olduğunu ileri sürmüştür. Ancak 20. yüzyılda sadece makine estetiğinden bahsetmek doğru olmayacaktır. Doğadan ilham alınarak

tasarlanan mimari eserler de bulunmaktadır. Örneğin Frank Lloyd Wright, doğa ile her zaman yakın bir ilişki içinde olmuş ve doğayı akıl hocası olarak görmüştür. An Organic Architecture (1939) adlı kitabında, yapının çevresiyle doğal bir ilişkide olması gerektiğini vurgulamakla kalmayıp, aynı zamanda yapının ve çevresinin bir organizma gibi düşünülmesi gerektiğini ifade etmiştir (Pohlmann, 2014). Alvar Aalto ve Buckminster Fuller gibi isimler de tasarımlarında doğadan etkilenmişlerdir.

21. yüzyılda da tasarımlarda doğaya olan ihtiyaç devam etmekte ve teknolojinin gelişmesiyle tasarımların farklı noktalarında daha sık kullanılmaktadır. McLennan (2004), binaların çiçeklerden müthiş bir ilham kaynağı aldığını, çünkü binaların da çiçekler gibi toprağa bağlı olduklarını, enerji için güneşe, su ihtiyacı için ise gökyüzüne ihtiyaç duyduklarını belirterek, 21. yüzyılda da doğadan esinlenmenin sürdüğünü göstermektedir.

2.6.1. Mimaride Biyomimikri Tasarım Örnekleri

Mimarlar, doğada hep bir arayış içerisinde olmuşlar, doğanın farklı yönlerini incelemişlerdir. Biyomimikri terimi tasarım alanlarında yaygın olarak kullanılmadan önce, insanlar doğayı gözlemleyerek onun işleyişini taklit eden birçok uygulama geliştirmiştir. Doğa, tarih boyunca mühendislik, mimarlık ve sanatta önemli bir ilham kaynağı olmuştur. Doğadan ilham alarak tasarlanmış Crystal Palace, Sagrada Familia Kilisesi, Eiffel Kulesi, The puridential Building, Johnson Wax Binası gibi pek çok proje vardır.

• Johnson Wax Binası ve Mantar Kolonları

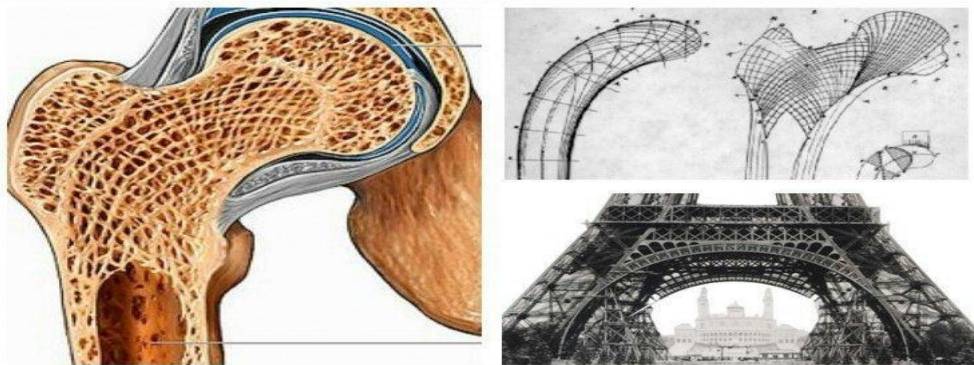
Biyomimikriye örnek verilebilecek Johnson Wax binası 1939 yılında Frank Lloyd Wright tarafından tasarlanmıştır. Bu binanın tasarımında mantar bitkisinden ilham alınmıştır. Yapı mantar kolonları ile dikkat çekmektedir. Mantarların yapısındaki hafiflik ve sağlamlık, binanın iç mekânında kullanılan kolonlarda benzer şekilde uygulanmıştır (Şekil 6). Wright binada mantar kolonlar formu ve oranları ile bir mekân oluşturmuştur. Büyük oda şeklinde isimlendirilen alanda, 23 cm çaplı tabanlardan filizlenen ve zambak yastıklı beton üstleri yapmak için genişleyen ağaç benzeri kolonlar vardır. Biyomimikri tasarım yaklaşımı hem süslemede hem de taşıyıcılarda pek çok tasarımcı tarafından dikkate alınıp kullanılmıştır (Türk, 2018).



Şekil 7. Mantar Bitkisi ve Johnson Wax Binası (Arslan Selçuk, S., Gölle, N. B., & Mutlu Aving, G. 2022).

• Eiffel Kulesi ve Uyluk kemiği

Eiffel Kulesi, Paris'te 1889 Dünya Fuarı için inşa edilen, tasarımında biyomimikri yaklaşımının etkileri görülmektedir. Yapının hafif ancak dayanıklı olması gerektiğinden, mühendisler doğadaki verimli taşıyıcı sistemleri incelemişlerdir. Bu kapsamda, insan iskeletinin yük taşıma özellikleri incelenmiş ve özellikle uyluk kemiğinin yapısından ilham alınmıştır. İnsan vücudundaki en güçlü kemiklerden biri olan uyluk kemiği, basınca ve yüke karşı dengeli bir dağılım sağlarken hafifliğini de koruyabilmektedir. Eiffel Kulesi'nin taşıyıcı sistemi de benzer şekilde, yükü dengeli şekilde dağıtan bir strüktürel düzene sahiptir. Mimar Stephen Sauvestre'nin ekibinde yer alan mühendis Maurice Koechlin, bu doğal yapıyı analiz ederek kulenin tasarımına uyarlamıştır (Şekil 7)(Arslan Selçuk, 2009). Bu çalışma, doğadan esinlenerek mühendislikte malzeme verimliliği ve dayanıklılığın artırılmasına yönelik başarılı bir biyomimikri örneği olarak değerlendirilebilmektedir.



Şekil 8. Uyluk kemiği ve Eiffel Kulesi (Polat, 2023)

• The Puridential Building ve Ağaç Çiçekleri

The Prudential (Guaranty) Building, New York'un Buffalo şehrinde yer almakta olup, doğal öğelerden esinlenerek tasarlanmıştır. Bu yapı, biyomimikrinin görsel anlamda uygulanmasına örnek teşkil etmektedir. 1896 yılında Louis Sullivan ve Dankmar Adler tarafından inşa edilen binanın cephe tasarımında çiçek tohumları ve ağaç formlarından ilham alınmıştır. Böylelikle görsel anlamda doğadan ilham alınmıştır (Şekil 8) (İnner, 2019).



Şekil 9. Ağaç Çiçek Tohumları ve The Puridential (Guaranty) Building (İleritürk, 2016)

• Crystal Palace ve Zambak Bitkileri

Crystal Palace, 1851 yılında Londra'da açılmış olup, dökme demir ve cam malzemeden inşa edilmiştir. Yapının mimarı Joseph Paxton, tasarım sürecinde Amazon nilüferi (*Victoria amazonica*) bitkisinin yapraklarından esinlenmiştir (Knippers & Nickel, 2016). *Victoria amazonica* bitkisinin yaprakları oldukça büyük ve dayanıklı olup, alt kısımlarında bir iskelet sistemi bulunmaktadır (Şekil 9). Bu sistem incelendiğinde, merkezden dışa doğru uzanan lif benzeri yapılar ile bunlar arasında çapraz şekilde yerleştirilmiş daha ince dokuların bulunduğu görülmektedir. Paxton, bu çapraz damarlı yapıyı örnek alarak dökme demirden bir iskelet tasarlamış ve yapıyı cam paneller ile tamamlamıştır. Böylece, doğadaki oluşumların taklidiyle hafif ve dayanıklı bir yapı ortaya çıkmıştır. Kendi kendini taşıyan ve maksimum düzeyde ışık alan bu yapı, dönemine göre yenilikçi bir mühendislik yaklaşımıyla inşa edilmiştir. Ancak, 1936 yılında meydana gelen bir yangın sonucunda tamamen yok olmuştur (Özen, 2016).



Şekil 10. Victoria Amazonica Bitkisi (Primeau, 2015) ve Crystal Palace (Merin, 2013)

• Sagrada Familia Kilisesi ve Orman Örtüsü

Biyomimikriye örnek olarak verilebilecek bir diğer yapı, Antoni Gaudí'nin tasarladığı La Sagrada Familia'dır. Barselona, İspanya'da yer alan bu bazilikanın inşasına 1882 yılında başlanmıştır. Gaudí, doğal formları ve sistemleri ayrıntılı bir şekilde analiz ederek tasarımlarında kullanmıştır. Doğadaki şekil çeşitliliğini gözlemleyen Gaudí, tasarım problemlerine doğadan edindiği çözüm yollarıyla yaklaşmıştır (Ölgen, 2020). Gaudí'nin ağaç dallarından ilham alarak tasarladığı La Sagrada Familia, doğadan esinlenerek oluşturulan analogilere en iyi örneklerden biri olarak kabul edilmektedir. İyi bir doğa gözlemcisi olan Gaudi, Sagrada Familia kilisesinden içeriye giren ziyaretçileri, bir ormana giriyor izlenimi vermiştir (Şekil 10). İç mekân tasarımında çokça doğadan yararlanmış olan Gaudi, 4 adet doğal görünümlü kolonla da konseptini tamamlamıştır (Bilmen, 2019). Yapının ağaç benzeri sütun sistemi, doğadan ilham alan mimarının önemli örnekleri arasında yer almaktadır (Imani, 2017). Bu bazilikanın tasarımında, ağaç dallarının taşıyıcı özellikleri ilham alınmıştır.



Şekil 11. Orman Örtüsü ve Sagrada Familia Kilisesi İç Mekânı (Url-3)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİYOMİMİKRI TASARIM YAKLAŞIMLARI VE SEVİYELERİ

Biyomimikri seviyeleri, mimarlık, mühendislik ve tasarım gibi birçok disiplinde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde, biyomimikri tasarım yaklaşımları ve seviyeleri detaylı olarak ele alınmaktadır. İlk olarak, tasarım süreçlerinde biyomimikriye yaklaşım biçimleri incelenmekte; problem odaklı, çözüm odaklı ve diğer yaklaşımlar tanımlanmaktadır. Ardından, biyomimikrinin organizma, davranış ve ekosistem seviyelerindeki uygulama alanları açıklanarak, bu seviyelerin mimari tasarım üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir.

3.1. Tasarımda Biyomimikriye Yaklaşımlar

Maibritt Pedersen Zari, biyomimikrinin iki sınıfta mümkün olduğunu açıklamıştır. Bunlardan ilki, insan gereksinimlerini tanımak veya problemi tasarlamak ve diğer organizmaların veya ekosistemlerin bunu çözme yollarını gözlemlemektir; bu yaklaşıma genellikle "Problem Odaklı Yaklaşım" (Yukarıdan Aşağıya Yaklaşım) denilir. İkincisi, bir organizma veya sistemdeki tekil bir özelliği, davranışı veya işlevi tanımak ve bunu insan tasarımına dönüştürmektir. Buna "Çözüm Odaklı Yaklaşım" (Aşağıdan Yukarıya Yaklaşım) denilmektedir (Zari, 2007).

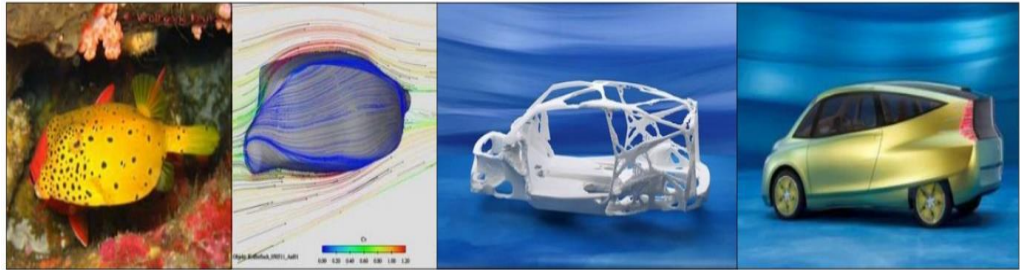
Çetiner ve Erşahin (2021)'e göre ise biyomimikri yaklaşımları doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır. Doğrudan yaklaşım türü; sorundan biyolojiye, yukarıdan aşağıya ve problem odaklı yaklaşım olarak adlandırılır. Dolaylı yaklaşım türü ise; biyolojiden tasarıma, aşağıdan yukarıya ve çözüm odaklı yaklaşım şeklinde isimlendirilmektedir.

3.1.1. Problem Odaklı Yaklaşım

Problem odaklı biyomimikri, doğadaki organizmaların karşılaştıkları spesifik sorunlara geliştirdikleri çözümleri inceleyerek, bu çözümleri insan yapımı tasarımlara uyarlamayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, belirli bir tasarım probleminin çözümüne odaklanmakta olup, organizmaların çevresel zorluklarla başa çıkmak için evrimsel süreçlerde geliştirdikleri stratejilerin analizine dayanmaktadır (Ali El-Zeiny, 2012). Problem odaklı biyomimikri, tasarımcılara doğadaki çözüm yollarını anlama

ve bu çözümleri insan yapımı sistemlere entegre etme imkânı sunmaktadır. Bu yaklaşımda, tasarımcıların sorunları tespit etmesi, biyologların ise bu sorunlara çözüm sunabilecek organizmaları belirlemesi önem taşımaktadır. Süreç, tasarımcılar ve biyologlar arasında işbirliğine dayalı bir şekilde ilerlemektedir (Zari, 2007). Uygulama aşamasında, doğadaki organizmaların yaşam süreçleri, yapıları, davranışları ve ekosistem ilişkileri analiz edilerek, bu unsurların insan yapımı sistemlerde nasıl taklit edilebileceği ve ilham alınabileceği ortaya konmaktadır.

Pedersen Zari (2007), bu tasarım yaklaşımını açıklarken Daimler Chrysler'in "Bionic Car" (Biyonik Araba) prototipini örnek olarak sunmuştur (Şekil 11) (Zari, 2007). Tasarım, küçük dingil mesafesi ile büyük hacimli bir araç üretme sorununu çözmeye yönelik olarak geliştirilmiştir ve aerodinamik verimliliğiyle bilinen kutu balığı (ostracion meleagris) formundan ilham alınmıştır. Bu prototip, aerodinamik özellikleri sayesinde hem enerji hem de yakıt verimliliği açısından yüksek performans sergileyerek sürdürülebilirlik perspektifinden önemli bir yenilik sunmaktadır. Ayrıca, tasarımda malzeme kullanımı yalnızca en gerekli bölgelerle sınırlı tutulmuş, bu yaklaşım sonucunda ortaya çıkan yapı iskelet benzeri bir görünüme kavuşmuştur (Aydın Yazıcıoğlu, 2020).



Şekil 12. Daimler Chrysler Biyonik Otomobili, Kutu Balığı (Zari, 2007).

3.1.2. Çözüm Odaklı Yaklaşım

Biyomimikri de çözüm odaklı yaklaşım, doğada mevcut olan ve organizmaların karşılaştığı belirli sorunlara geliştirdiği çözümleri inceleyerek, bu çözümleri insan yapımı tasarımlara uyarlama amacını güden bir yöntemdir (Ali El-Zeiny, 2012). Bu yaklaşım, özellikle çevresel zorluklarla başa çıkmak için doğadaki organizmaların evrimsel süreçlerde geliştirdiği stratejilerin çözüm odaklı bir biçimde analiz edilmesine dayanmaktadır. Çözüm odaklı yaklaşım, problem odaklı yaklaşımla benzerlikler taşısa da birbirlerinden çok farklıdır. Bu yöntemde tasarımcılar ve

biyologlar işbirliği içerisinde çalışarak çözüm üretirler. Biyologlar, doğadaki organizmaların, ekosistemlerin ve diğer canlı yapıların davranışlarını, yaşam döngülerini ve işlevlerini incelemektedir. Tasarım süreci, biyologların sağladığı veriler ışığında ihtiyaç duyulan özelliklere göre tasarımcılarla ortak bir şekilde yürütülmektedir (Zari, 2007).

Bu yaklaşımda, tasarımcılar doğadaki çözümleri doğrudan uygulama amacına yönelmek yerine, tasarım problemini çözmeye yönelik inovatif ve fonksiyonel çözümler geliştirmeye odaklanılmaktadır. Biyomimikri uygulamalarında çözüm odaklı yaklaşımın önemli bir avantajı, belirli bir tasarım problemine yönelik hızlı ve somut çözümler sunma potansiyelidir. Bu, doğadaki organizmaların evrimsel süreçlerden elde ettiği çözümler ışığında, insana özgü tasarım problemlerine yenilikçi ve işlevsel çözümler getirebilmektedir. Ancak, bu yaklaşımda dikkat edilmesi gereken en önemli husus, doğadaki çözümlerin yalnızca belirli bir sorunun çözülmesine odaklanarak uygulanması ve bu süreçte uzun vadeli çevresel ve ekolojik etkilerin göz ardı edilmemesidir. Örnek olarak, lotus çiçeğinin bataklık sularında dahi temiz kalmasını sağlayan mekanizmalarının bilimsel olarak incelenmesi, lotusan boyası gibi birçok yenilikçi tasarımın geliştirilmesine öncülük etmiştir (Şekil 12) (Zari, 2007). Bu yaklaşımın diğer avantajı, biyolojinin insanlara yalnızca belirli bir tasarım probleminin sınırları içinde değil, bu çerçevede dışında da ilham verebilmesidir. Bu durum, önceden düşünülmemiş olan teknolojiler, sistemlerin tasarım çözümleri geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Vincent, Bogatyrev ve diğerleri, 2005).



Şekil 13. Lotus'tan İlham alan Lotusan Boyası (Zari, 2007)

Bu süreç, tasarımcıların, biyolojik dünyanın sunduğu farklı çözüm yollarından ilham alarak, insanları çeşitli biçimlerde etkileyecek yenilikçi tasarımlar üretmelerini sağlamaktadır (Vincent vd., 2005). Ancak, bu yaklaşımın tasarım açısından bazı dezavantajları da bulunmaktadır. En belirgin zorluk, biyolojik araştırmaların gerçekleştirilmesi ve elde edilen bilgilerin, bir tasarım bağlamında anlamlı hale

getirilmesi gerekliliğidir. Bu durum, tasarım sürecinin biyolojik ve ekolojik bilgilerle derinlemesine bir entegrasyonunu zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, biyologlar ve ekolojistler, kendi araştırmalarının potansiyelini ve bu bilgilerin tasarım alanına nasıl dönüştürülebileceğini anlamalı ve bu süreçte aktif bir rol üstlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, biyolojik verilerin tasarım problemleriyle uyumlu bir şekilde kullanılabilmesi için gerekli olan işbirliği ve multidisipliner yaklaşımın teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır (Zari, 2007).

3.1.3. Diğer Yaklaşımlar

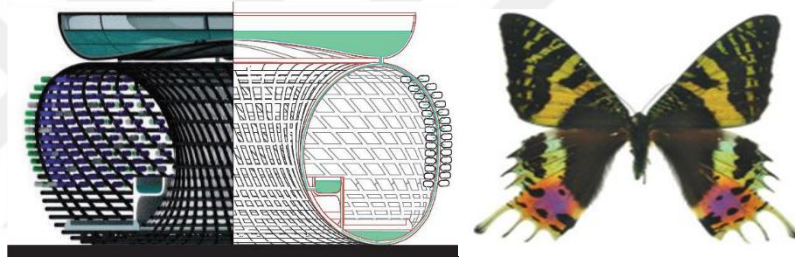
Biyomimikri, tasarım alanında giderek daha fazla kullanılan bir yaklaşım olup, mimarlıkta da farklı yönleriyle ele alınmaktadır. Bu bağlamda, Mimar Ilaria Mazzoleni'nin 2013 yılında yaptığı araştırmalar, hayvanlar aleminin çevresel koşullara karşı gösterdiği uyumdan ilham alarak tasarım ve mimari uygulamalarını keşfetmeye odaklanmıştır. Mazzoleni, hayvanların derilerinin çevreleriyle bir bağ kurma işlevi gördüğünü belirlemiş ve bu anlayışı, yapı kabuklarının sakinleriyle dış çevre arasındaki etkileşimi yönlendiren bir arayüz olarak uygulamaktadır.

Ilaria Mazzoleni, çalışmalarında hayvanların çeşitli çevre koşulları karşısındaki uyumunu gözlemlemiş ve bu davranışların mimarlık disiplinine uygulanmasını 'İletişim, Termo Düzenleyicilik, Su Dengeleyicilik ve Koruma' olmak üzere dört başlık ile sınıflandırmıştır (Mazzoleni, 2013).

İletişim

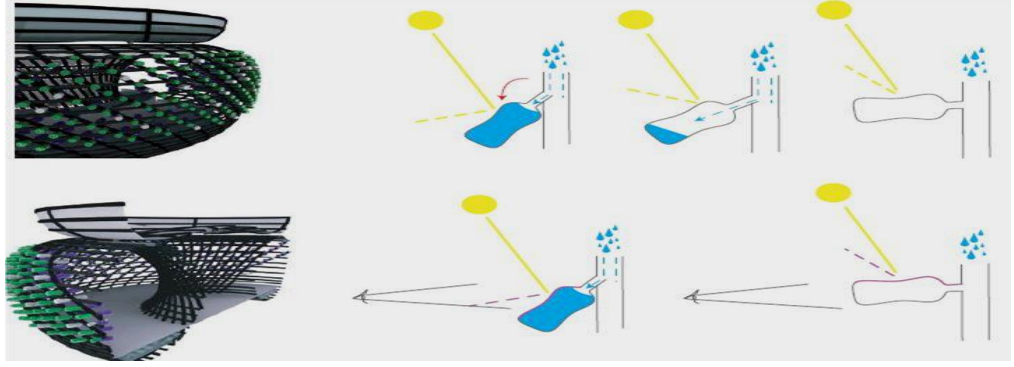
Hayvanlar arasındaki iletişim, koku, dokunma, hareket, ses, titreşim, yüz ifadeleri, işaretler ve elektriksel sinyaller gibi çeşitli duyuşal kanallar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu iletişim, bireylerin tanınması, yırtıcılara karşı uyarılar, saldırganlık sinyalleri ve kaynak paylaşımı gibi işlevler yerine getirmektedir. Renk desenleri, hayvanlar için önemli bir iletişim aracıdır ve savunma, kamuflaj veya taklit yoluyla hayatta kalmayı desteklemektedir. Hayvanların renklenmesi genellikle pigmentler tarafından sağlanırken, bazı türlerde ışığın saçılması ve kırılması gibi fiziksel süreçler de etkili olmaktadır. Canlıların renk algısı türler arasında farklılık gösterirken, bazıları ultraviyole ve kutuplaşmış ışığı görebilmektedir. Renklenme mekanizmaları, biyomimikri bağlamında tasarımcılar için ilham kaynağı oluşturmaktadır. Örneğin, Madagaskar'da yaşayan *Urania Moth* kelebekleri,

ekosistemleriyle uyum yetenekleri sayesinde sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarına katkı sunmaktadır. *Urania Moth*, Madagaskar'ın farklı iklim koşullarına uyum sağlayarak, konukçu bitkilerin değişimi nedeniyle yıl boyunca göç etmektedir. Bu adaptasyon, hayvanların ekosistemleriyle uyumunu ve tasarıma ilham verebileceğini göstermektedir (Mazzoleni, 2013). *Chrysidia rhipheus*, yani Madagaskar gümbatımı kelebeği, ışık ve görüş açısına bağlı olarak renk değiştiren yapısal renk oynaşmasına sahip kanatlarıyla, potansiyel avcılara zehirli olduğunu göstermektedir. Kanat yapısı, çok katmanlı kabuklar ve ince hava tabakalarından oluşur, bu da ışık yansımaları ve renk değişimini sağlamaktadır (Şekil 13). Bu doğal mekanizma, kelebeğin hayatta kalmasına yardımcı olmaktadır. Bu özellik, Benedetta Frati ve Nir Zarfaty tarafından tasarlanan bir projede, batı Madagaskar'daki kurak alanda çevresel sürdürülebilirlik sağlamak amacıyla, ışık yansıması ve su toplama işleviyle mimari çözüme dönüştürülmüştür (Mazzoleni, 2013).



Şekil 14. İçme Suyu Sağlayan Proje ve Gümbatımı kelebeği (Mazzoleni, 2013)

Plastik şişelerin ışık kırılma ve su-yüzey etkileşimleri yoluyla renk değişimi sağladığı, bir dizi deneysel çalışma ile incelenmiştir. Bu çalışmalar, şişelerin ışığı nasıl kıldığı ve su ile yüzeyin renk algısını nasıl etkilediğini analiz etmektedir. Cephe, farklı renklerdeki plastik şişelerle suyun kullanılabilirliğini gösteren bir yapı sunmaktadır. Şişelerin alt kısmı siyah, üst kısımları ise mavi veya yeşil tonlarında olup, şişelerin eğimli yüzeyleri ışığın yansımalarını değiştirir. Bu düzenleme, her şişenin güneş ışığına göre pozisyon almasını sağlayarak, cephede zamanla değişen görsel etkiler yaratmaktadır (Şekil 14) (Mazzoleni, 2013).



Şekil 15. Suyun Depolandığı Şişelerin Güneş ile Oluşturduğu Renk Değişimi (Mazzoleni, 2013)

Termo Düzenleyicilik

Biyomimikri tasarımı, biyolojik organizmaların termoregülasyon mekanizmaları önemli bir ilham kaynağıdır. Bir organizmanın, çevre sıcaklığı farklı olsa bile vücut sıcaklığını belirli sınırlar içinde tutma yeteneğidir. Büyük hayvanlar, yüzey alanı/hacim oranları sayesinde soğuk ortamlarda daha iyi hayatta kalırken, küçük hayvanlar sıcak ortamlara daha uygundur. Sıcak ve kurak bölgelerde yaşayan hayvanlar, açık renkli deri, gece aktif olma ve yer altı barınakları gibi stratejilerle aşırı ısınmayı önlemektedirler (Mazzoleni, 2013). Bu prensipler, bina tasarımında da uygulanarak, çevresel faktörlerle uyumlu, enerji verimli ve sürdürülebilir yapılar oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Örneğin, çöl iklimlerinde kalın duvarlar termal kütle işlevi görürken, sıcak ve nemli bölgelerde hafif yapılar buharlaşmayı artırarak serinlik sağlamaktadır. Kertenkelelerin deri özellikleri ve davranışları, mimarlıkta termoregülasyon mekanizmalarına ilham vermiştir. Kertenkeleler, vücut sıcaklıklarını deri özellikleri ve davranışsal stratejilerle düzenlemektedirler. Sırtları koyu renkli olup güneş ışığını emerken, karın bölgeleri açık renklidir ve zeminden gelen ısıyı yansıtır. Isı alımı veya kaybını optimize etmek için vücutlarını belirli açılarla konumlandırırlar; güneş ışığından maksimum fayda sağlamak için vücutlarını ışığa dik tutar, aşırı ısınmamak için ise yerle temas eden yüzey alanını en aza indirir ve ayak parmaklarını kıvrarak güneş ışığına paralel konum almaktadırlar. Ayrıca, günün en sıcak saatlerinde gölgede kalarak aşırı ısınmayı engellemektedirler. Bu yaklaşımlar, sınırlı kaynakların sürdürülebilir kullanımına ve karbon salınımının azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Mazzoleni, 2013).

Yuan Yuan ve Juan San Pedro'nun projesi, S.C.A.L.E.S. (akıllı, sürekli, aktif, katmanlı, çevresel, sistem), yan lekeli kertenkele (*Uta stansburiana*) özelliklerinden esinlenen bir projedir. Güney Kaliforniya Mimarlık Enstitüsü'nde Ilaria Mazzoleni liderliğindeki bir grup mimarlık öğrencisi, bu hayvanın biyolojisini analiz etmiştir. Bu çalışmalar kapsamında, Yuan Yuan ve Juan San Pedro, kertenkele derisinin fizyolojik özelliklerini ve çöl iklimine uyum sağlayan davranışlarını taklit ederek bir yapı kabuğu tasarımı geliştirmiştir (Şekil 15) (Mazzoleni, 2013).



Şekil 16. S.C.A.L.E.S. Projesi ve İlham Kaynağı Kertenkele (Mazzoleni, 2013)

Kertenkele cildindeki pullar, ayrı olmayıp sürekli bir epidermal tabaka üzerinde yer alır ve her pul ince keratin malzemesiyle bağlanmaktadır. Vücut kısmının hareket derecesine bağlı olarak pullar farklı boyut ve şekillere sahip olur; daha fazla hareket eden bölgelerde pullar daha küçük ve yoğunken, daha az hareket eden bölgelere göre daha büyük ve geniştir. Kertenkele davranışları, ısıı düzenlemeye yardımcı olmak için vücut yüzeyini güneş ışığına paralel ya da dik olarak yönlendirir, aşırı ısındığında ise gölgede saklanarak serinlemektedir. Bu özellikler, tasarımda, sıcak günler ve soğuk gecelerde ısıı düzenleme sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

Yapının güney cephesinde enerji verimliliği sağlamak için opak yalıtımlı paneller, fotovoltaik paneller ve hareketli pencereler kullanılmıştır. Yalıtımlı panel, faz değişim malzemesi (PCM) ile iç mekânın sıcaklığını dengeleyerek ısıyı depolar ve gece salarak dalgalanmaları engelmektedir. Yapısal sistem, panelleri güvenli bir şekilde yerleştiren çelik ızgaradan oluşmaktadır. Fotovoltaik paneller, güneş enerjisini elektriğe dönüştürürken, pencere panelleri doğal havalandırma sağlamaktadır. Esnek neopren membran, panellerin etkileşimini optimize eder ve sensörler tarafından kontrol edilen hareketi mümkün kılmaktadır. (Mazzoleni, 2013).

Su Dengeleyicilik

Mimar Ilaria Mazzoleni, biyomimikri tasarım alanında su dengeleme sistemlerine odaklanmaktadır. Doğadaki organizmaların suyun depolanması ve korunması konusundaki stratejilerini inceleyerek, bu bilgileri mimarlıkta uygulamayı amaçlamaktadır (Mazzoleni, 2013). Çöl gibi aşırı sert koşullarda hayatta kalmaya çalışan organizmalar suyu depolarken, sucul canlılar ise vücutlarının su ile temasını kontrol ederek aşırı nemin etkilerini en aza indirmeye çalışmaktadır. Özellikle, Namibya Çölü'nde yaşayan *Stenocara gracilipes* türü böceklerin, sis damlacıklarını vücutlarındaki özel yüzey yapıları sayesinde toplayarak su ihtiyaçlarını karşılamaları dikkat çekmektedir. Bu böcekler, rüzgâra karşı durarak ve kafalarını yere yakın eğerek sırtlarında biriken sis damlacıklarını ağızlarına doğru yönlendirmektedir. Mazzoleni'nin çalışmaları, doğanın su yönetimi konusundaki çözümlerini mimarlıkta sürdürülebilir ve yenilikçi tasarımlara dönüştürmeyi hedeflemektedir (Mazzoleni, 2013).



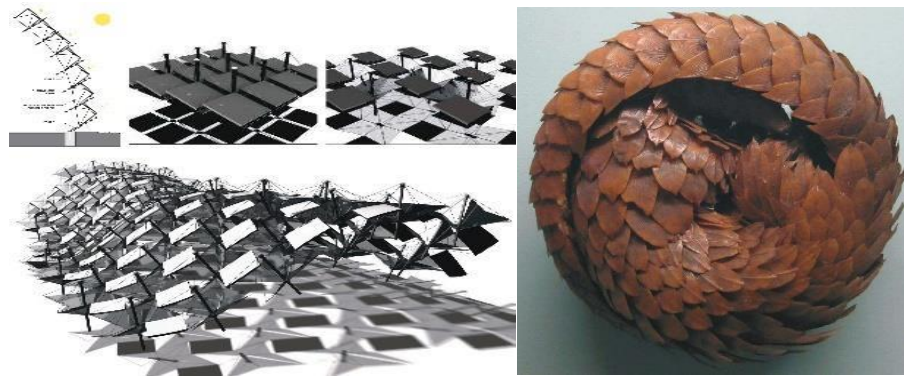
Şekil 17. Namibya Çöl Böceklerinden İlham Alarak Tasarlanan Proje Görünümü ve Namibya Çöl Böceği (Mazzoleni, 2013).

Emily Chen ve Carlos Rodriguez'in Namibya Çölü'ndeki böceklerin su toplama stratejilerinden ilham alarak geliştirdikleri projede, çöl araştırmacıları için geçici konut olarak tasarlanan yapının güneydoğu cephesi, okyanustan gelen sisleri toplamak üzere konumlandırılmıştır (Şekil 16). Dış iskeleti, su tutma kapasitesine sahip mum kaplama ile donatılmıştır (Mazzoleni, 2013). Geometrik tasarımı, sabah sisinin yönüne odaklanarak, cephenin geniş bir alanını bu yönde yerleştirmekte ve suyun üstten depolama alanına akmasını sağlayacak uygun eğimi oluşturmaktadır. Böceklerin su toplama yeteneklerinden esinlenen yapının yüzeyi, su tutma kapasitesini artıran eklemlilerle bir tasarıma sahiptir. Cephesi, sabah sisindeki nemi toplamak için örgülü disklerden oluşur; her disk, suyun biriktiği noktada eğilebilmesi için pivot etrafında

hareket etmektedir. Toplanan su, oluklu tavan membranı aracılığıyla alt kısımdaki su deposuna yönlendirilmektedir. Bu su, sakinler için içilebilir su kaynağı sağlarken, iç iklim konforunu da arttırmaktadır. Çatıda yer alan delikli diskler, bitkilere su vererek iç mekânın nem dengesine katkıda bulunmaktadır. Bu tasarım, çöl koşullarındaki zorlu çevreye rağmen, araştırmacılar için su temini ve yaşam alanlarının konforunu sağlamaktadır. Namib Çölü böceğinin kabuğundan ilham alan bu tasarım, çöl araştırmacıları için geçici konut sağlamayı hedeflemektedir. Güneydoğuya yönlendirilmiş eğimli çatı, sabah sisini toplar ve üzerindeki file diskler su depolama, bitki yetiştirme, aromaterapi ve iç mekân nem düzenlemesine katkı sağlamaktadır. (Mazzoleni, 2013).

Koruma

Mazzoleni (2013), biyomimikri tasarım yaklaşımlarından biri olarak koruma stratejisini vurgulamaktadır. Doğada birçok hayvan, derilerini hayatta kalma amacıyla çeşitli şekillerde kullanır. Bazı türler, yırtıcılardan kaçmak veya rakiplerine karşı savunma yapmak için renk değişimi ya da kamuflaj gibi iletişim yöntemlerine başvurur. Ayrıca, birçok hayvan türü grup halinde hareket ederek toplu koruma sağlar; bu grupların renk desenleri, yırtıcıları şaşırtarak hayatta kalma şanslarını arttırmaktadır. Hayvan barınaklarının temel işlevi, doğa koşullarından ve yırtıcılardan korunmaktır. İnsan yapımı barınaklar da başlangıçta çevresel faktörlerden korunma amacıyla inşa edilmiş, ancak zamanla güç ve prestij simgeleri haline gelmiştir. Doğada var olan pek çok ilginç hayvan, tasarımlara ilham verebilecek özelliklere sahiptir. Bunlardan biri de, özellikle savunma mekanizmalarıyla dikkat çeken pangolinlerdir.



Şekil 18. Proje Genel Görünüm ve İlham Kaynağı Pangolin (Mazzoleni, 2013).

Pangolinler, keratin kaplı, üst üste binen sert pullarıyla dikkat çeker ve tehdit altında vücutlarını kıvrarak kendilerini korumaktadırlar. Pangolinlerin deri yapısının,

hem koruyucu hem de esnek özellikleri, tasarımlar için ilham kaynağı olmuştur. Bu özelliklerden esinlenen Gana'daki Kakum Ulusal Parkı'nda Ross Ferrari ve Thomas Carpentier tarafından afet ve savaş bölgelerinde acil barınma alanları sağlamak amacıyla bir proje geliştirilmiştir (Şekil 17). Bu tasarım, farklı saha koşullarına ve alanlara uyum sağlayabilen geçici bir yapı olarak planlanmıştır. Bu barınak, fotovoltaiik paneller, yarı saydam esnek kumaşlar ve şemsiye şeklindeki strüktürel elemanlardan oluşmaktadır(Mazzoleni, 2013).

3.2. Tasarımda Biyomimikri Uygulamalarının Seviyeleri

Biyomimikri seviyeleri, doğanın taklit edilme derecesini ifade eder ve temelde doğal sistemlerin tasarım ilkelerini ilham almak için kullanmayı hedeflemektedir. Bu seviyelerin hedefi, bir formun, süreçlerin yada ekosistemlerin tam olarak kopyalamak değil, doğada bulunan bir formun, sürecin ya da ekosistemin altında yatan prensipleri anlayarak tasarım sürecine rehberlik etmektir (Kennedy vd., 2015). Bu bilgi, tasarımcılara hem canlı hem de cansız doğal varlıkları nasıl taklit edebileceklerini belirleme konusunda rehberlik eder. Üç temel biyomimikri seviyesi bulunmaktadır: organizma, davranış ve ekosistemdir (Biomimicry Guild, 2007; Zari, 2007; Aziz vd., 2016). Organizma seviyesi, bitki, hayvan gibi bir organizmayı kapsamaktadır. Bu birinci seviyede organizmaların bir parçasını veya tamamını taklit edilebilir. Davranış seviyesinde bir organizmanın nasıl davrandığı bir yönü veya daha fazla yönü kapsamında ilham alınabilir. Üçüncü seviye yani ekosistem seviyesi, ekosistemin taklit etmeyi ve başarılı bir şekilde sürdürmeyi hedef almaktadır (Zari, 2007).

Pedersen Zari'nin sınıflandırmasında, organizma, davranış ve ekosistem olarak tanımlanan her biyomimikri seviyesi, form, malzeme seçimi, yapım, süreç ve fonksiyon olmak üzere beş temel alt kategoriyi içermektedir (Pedersen Zari, 2007). Bu kategoriler, her bir seviye içinde kapsam açısından farklılık gösterse de tüm seviyeler için ortak bir çerçeve sunmaktadır. Bu seviyelerin her birinde, taklit için beş olası boyut belirlenmiştir. Tasarım'ın neye benzediği (form), neden yapıldığı (malzeme), nasıl yapıldığı (yapım), nasıl işlediği (süreç) veya yapabildiği şey (fonksiyonu) konularında doğadan ilham alınabilmektedir. Her bir biyomimikri örneği arasındaki farklar Tablo 1'de açıklanmıştır ve bir termitin farklı yönlerinin nasıl taklit edilebileceğine bakılarak örneklendirilmiştir (Zari, 2007).

Tablo 1. Termit Örneği İle Biyomimikrinin Uygulanışı (Zari, 2007)

Biyomimikri Seviyesi		Termitleri taklit eden bir bina
Organizma Seviyesi (Belirli bir organizmanın taklit edilmesi)	Form	Bina bir termite benziyor.
	Malzeme	Bina bir termit ile aynı malzemeden yapılmıştır; örneğin termitin dış kabuğunu taklit eden bir materyal.
	Yapım	Bina bir termit ile aynı şekilde yapılır; örneğin çeşitli büyüme döngülerinden geçer.
	Süreç	Bina termit ile aynı şekilde çalışır; örneğin meta-genomikler yoluyla verimli bir şekilde hidrojen üretir.
	Fonksiyon	Bina bir termit gibi işlev görür; selüloz atıklarını geri dönüştürür ve örneğin gübre oluşturur.
Davranış Seviyesi (Bir organizmanın davranışı veya daha geniş bağlamıyla ilişkisinin takliti)	Form	Bina bir termit tarafından yapılmış gibi görünüyor; örneğin bir termit höyüğü gibi
	Malzeme	Bina, bir termitin kullandığı malzemelerden yapılmıştır; örneğin birincil malzeme olarak sindirilmiş ince toprağın kullanılması.
	Yapım	Bina, bir termitin inşa edeceği şekilde yapılır; örneğin belirli yerlere belirli sayıda araziye konumlandırılması gibi
	Süreç	Bina bir termit höyüğü gibi çalışır; dikkatli bir şekilde, şekil, malzeme seçimi ve doğal havalandırma veya termitlerin birlikte nasıl çalıştığını taklit eder.
	Fonksiyon	Bina termitler tarafından yapılmış gibi işler; örneğin iç koşullar, optimum ve termal olarak sabit olacak şekilde düzenlenmiştir.
Ekosistem Seviyesi (Bir ekosistemin taklit edilmesi)	Form	Bina bir termitin içinde yaşadığı ekosisteme benziyor.
	Malzeme	Bina bir termit ekosistemiyle aynı malzemelerden yapılmış; örneğin doğal olarak oluşan bileşenlerin kullanılması.
	Yapım	Bina bir termit ekosistemindeki gibi oluşturulur; örneğin zamanla artan karmaşıklık ve ardıllık ilkeleri kullanılır.
	Süreç	Bina bir termitin içinde yaşadığı ekosistemle aynı şekilde çalışır; örneğin enerjiyi tutup dönüştürür ve suyu depolar.
	Fonksiyon	Bina, ekosistemin yaptığı gibi çalışabilir ve süreçler arasındaki ilişkileri kullanarak karmaşık bir sistemin bir parçasını oluşturur; örneğin hidrolojik, karbon, azot döngülerine vb. katılabilir.

3.2.1. Organizma Seviyesi

Organizma seviyesinde temel olan, doğal bir organizmanın olduğu haliyle taklit edilmesidir. Bu seviye, bir organizmanın doğal formunun taklit edilmesiyle sınırlıdır. Van der Ryn ve Reed, bu seviyeyi organizmanın biçimsel potansiyelinden ilham alarak yeni bir mimari tasarım oluşturma süreci olarak tanımlamışlardır. Pawlyn ise bu seviyeyi, doğal bir organizmanın görsel biçimi, bileşenleri ve malzemeleri gibi morfolojik özelliklerinin kopyalanması olarak açıklamaktadır (Othmani vd., 2018, s. 56).

Bu bağlamda organizma seviyesinde biyomimikri, bir canlının tamamının veya belirli bir parçasının taklit edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Milyonlarca yıl süren evrimsel süreçler sonucunda, günümüzdeki organizmalar, sürekli değişen çevresel koşullara karşı hayatta kalma stratejileri geliştirmiştir. Bu organizmalar, toplumların karşılaştığı enerji ve malzeme verimliliği gibi sorunlara çözüm sunabilecek geniş bir bilgi birikimi sağlamaktadır. Bu bilgi birikimi, insanların karşılaştığı tasarım sorunlarına sürdürülebilir çözümler geliştirmede önemli bir kaynak teşkil etmektedir (Alberti ve ark, 2003). Organizma seviyesinde biyomimikri uygulamaları genellikle tüm sistemi değil, belirli bir özelliği taklit etmeye odaklanmaktadır. Böylece, doğadaki verimli ve işlevsel çözümler, mimari ve tasarım alanlarında farklı biçimlerde yorumlanarak yenilikçi ve sürdürülebilir yapılar ortaya çıkarmaya katkı sağlamaktadır. Singapur'da DP Architects ve İngiliz Mimar Michael Wilford tarafından tasarlanan Esplanade Tiyatrosu, doğadan ilham alınarak geliştirilmiş bir yapıdır. Özellikle, durian meyvesinin tohumunu koruyan sert ve dikenli kabuğundan esinlenilmiştir (Şekil 18). Durianın bu koruyucu özelliği, biyomimikri yaklaşımı çerçevesinde organizma seviyesinde incelenmiştir.



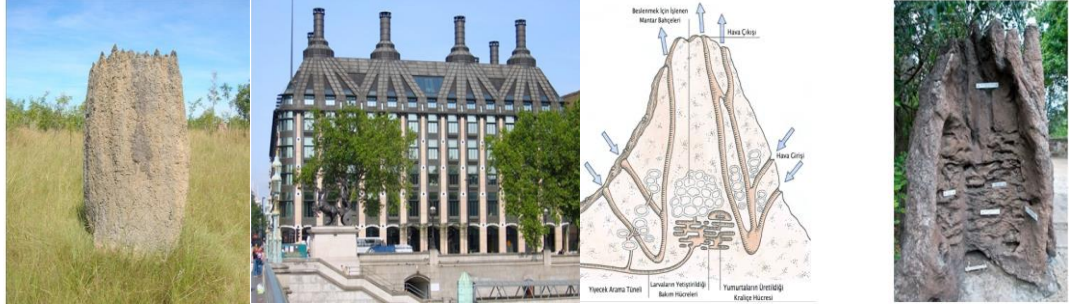
Şekil 19. Esplanade Tiyatrosu Mimari Kabuğu ve İlham Kaynağı Durian Meyvesi (Radwan ve Osama, 2016).

Durian meyvesinin piramit şeklindeki katmanlı ve sert kabuğu, içindeki meyveyi güneş ışığı ve çevresel etkilerden korumaktadır. Bu özellik, Esplanade Tiyatrosu'nun cephesine tasarlanan yarım piramit formuyla gün ışığını kontrol etmeye ve mekân içindeki konforu sağlamaya olanak tanımaktadır (Radwan ve Osama, 2016). "Dikenli yapı" olarak da bilinen Esplanade Tiyatrosu, üçgen alüminyum parça ile oluşturulmuş piramit benzeri güneş kırıcılarla donatılmış iki cam kubbeden oluşmaktadır. Bu yapı, gün boyunca güneşin açısına ve konumuna uyum sağlayan kinetik kavisli çerçeve ve duyarlı bir gölgeleme sistemine sahiptir. Üçgen parçalar, gün içinde açılarını güneşin konumuna göre ayarlayarak iç mekân ısını korumaktadır (Temurtaş ve Arpacıoğlu, 2024).

3.2.2. Davranış Seviyesi

Biyomimikrinin ikinci seviyesi olan davranış seviyesi, doğal biyolojik süreçlerin veya bir varlığın nasıl işlediğinin ve nasıl yapıldığının taklit edilmesine dayanmaktadır (Kennedy vd., 2015; Baumeister vd., 2014). Bu seviyede, doğal varlıkların gerçekleştirdiği eylemler ve bu eylemlerin ortaya çıkardığı sonuçlar temel alınmaktadır. Doğal süreçler, yalnızca bir formun kopyalanmasından öteye geçerek, bir organizmanın çevresiyle nasıl etkileşimde bulunduğuna ve işlevlerini nasıl yerine getirdiğine odaklanmaktadır. Tasarımcılar bu seviyede, doğal varlıkların ne yaptıklarını, bunu neden gerçekleştirdiklerini ve nasıl uyguladıklarını anlamaya çalışmaktadır. Özellikle, doğal süreçlerin dinamikleri ve bu süreçlerden elde edilen çıktılar incelenir. Pawlyn'e göre bu seviyenin özü, doğal süreçlerin doğrudan taklit edilmesidir. Pedersen Zari'ye (2007) göre ise, bu seviye bir organizmaya özgü davranışların veya bu davranışlarla bağlantılı nesnelerin taklit edilmesi ile ilgilidir.

Termit karıncaları yuvalarını kendileri inşa etmektedir. Hayatta kalabilmeleri için vücut ısılarının sabit kalması gerekmektedir. Bu dengeyi sağlamak adına, yuvalarını doğal soğutma sistemi ile tasarlamışlardır. Sürekli açılıp kapanan bacalar sayesinde iç ısıyı sabit tutarak olağanüstü bir mimari yapı oluşturmuşlardır (Erdem, 2017). Aşağıdaki biyomimikri tasarım yaklaşımının davranış seviyesi kapsamında, Eastgate Center binası örnek olarak gösterilebilir (Şekil 19).



Şekil 20. Eastgate Center ve Termit Yuvaları (Karabetça, 2015)

Davranış seviyesindeki biyomimikri örneklerinden biri, Mimar Mick Pearce tarafından tasarlanan ve Zimbabve’de bulunan Eastgate Binası’dır. 1996 yılında bu doğal prensibin binaya uyarlanmasıyla, en yüksek enerji tüketimine neden olan ısıtma ve soğutma işlemleri için sürdürülebilir bir çözüm geliştirilmiştir (Turner ve Soar, 2008). Eastgate Binası, termit yuvalarındaki havalandırma sistemi prensibiyle çalışmaktadır. İç mekân sıcaklığı, binanın büyük kütesinin sağladığı ısı depolama kapasitesine bağlı olarak dengelenmektedir. Hava dolaşımı, birinci kattaki açıklıklardan içeri alınan havanın, iki bina arasındaki dikey kesitlerden yukarı katlara yönlendirilmesiyle sağlanmaktadır. Temiz hava, içerideki durağan havayı yukarıya doğru iterek tavandaki bacalardan dışarı atmaktadır (Kuday, 2009).

3.2.3. Ekosistem Seviyesi

Ekosistem seviyesi, doğal ekosistemlerin taklit edilmesine odaklanarak biyomimikri tasarım yaklaşımının son aşamasını temsil etmektedir (Baumeister vd., 2014). Bu seviye, doğadaki ekosistemlerin bütününi taklit etmeyi ve bu sistemlerin işleyişini doğru bir şekilde yansıtmayı hedeflemektedir (Aydın Yazıcıoğlu, 2020). Temel amacı, tasarımın ekosistemle uyumlu hale getirilmesi ve insan yapımı sistemlerin doğal ekosistemlerle sorunsuz bir şekilde bütünleşmesini mümkün hale getirmektir. Bununla birlikte, bu süreç oldukça karmaşık olup, taklit edilmesi en zor seviyeyi oluşturmaktadır (Kennedy vd., 2015). Ekosistem seviyesinde, esas olan farklı organizmalar ve bunların ürünleri arasındaki dengeyi dikkate almak ve ekosistemin bütünlüğünü tasarımın temel unsuru olarak almak gerekir. Bu seviye, genellikle şehirler ve bölgeler gibi büyük ölçekli alanlarda ele alınmakta ve uygulanmaktadır.

Van der Ryn, bu seviyenin başarısının, ekosisteme ait doğal süreçlerin ve işlevlerin tasarıma entegre edilerek bina çevresinin ötesinde sürdürülebilirliğin sağlanmasına bağlı olduğunu ifade etmektedir (Othmani vd., 2018, s. 56). Pedersen

Zari (2007) ise bu seviyedeki taklit sürecinin, bir ekosistemin tüm işlev ve ilkelerinin kullanılmasıyla gerçekleştirildiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, ekosistem seviyesi yalnızca bireysel organizmaların ya da davranışların değil, organizmalar arasındaki ilişkilerin ve bu ilişkilerin ekosistem içindeki rollerinin de ele alındığı bir tasarım yaklaşımını ifade etmektedir.

Ekosistem seviyesinde biyomimikriye örnek olarak Mithün Architects ve GreenWorks Landscape Architecture Consultants tarafından Portland, Oregon'da tasarlanan Lloyd Crossing Projesi'dir. Projenin ekolojik performansının gelişmesi için proje öncesinde tasarlanacak alanın ekosistemi incelenmiştir ve projenin uzun bir süre boyunca ekolojik performansının yüksek olması hedeflenmiştir (Zari, 2007). Bu proje, kentsel alanların doğayla daha uyumlu hale getirilmesini hedefleyerek enerji, su ve atık yönetiminde yenilikçi çözümler sunmaktadır. Sıfır karbon emisyonu amaçlayan proje, pasif güneş enerjisi tasarımı, fotovoltaik paneller ve yüksek verimli bina sistemleri gibi teknolojilerle kendi kendine yeten bir enerji modeli oluşturmaktadır. Su yönetimi açısından, yağmur suyu toplama sistemleri, gri su geri dönüşümü ve geçirgen yüzeyler gibi yöntemler kullanılarak doğal su döngüleri taklit edilmektedir. Ayrıca, yeşil çatı uygulamaları, dikey bahçeler ve kentsel ormanlaştırma çalışmalarıyla biyolojik çeşitliliğin artırılması sağlanmaktadır. Doğal ekosistemlerin atıksız döngülerini örnek alan proje, geri dönüşüm ve kompost sistemlerini teşvik ederek atık üretimini en aza indirmektedir. Lloyd Crossing, sürdürülebilir kentleşme için bir model oluşturarak, modern şehirlerin çevresel etkilerini azaltmanın mümkün olduğunu göstermektedir (Şekil 20) (Zari, 2007)



Şekil 21. Lloyd Crossing projesi (Zari, 2007)

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BİYOMİMİKRI SEVİYELERİYLE TASARIM ÖRNEKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mimarlıkta biyomimikri, doğanın organizma, davranış ve ekosistem seviyelerinden esinlenerek yenilikçi ve sürdürülebilir tasarımlar geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında incelenen on beş biyomimikri yapı, organizma, davranış ve ekosistem seviyesinde üç ana kategori altında analiz edilecektir. Her biri kendi içinde alt kategorilere ayrılmaktadır. Mimari özellikler kapsamında bu kriterler yapıların yapım yılı, coğrafi iklimi dikkate alınarak incelenecektir. Biyomimikri tasarım seviyelerinin ulusal ve uluslararası ölçekte farklı coğrafyalarda uygulanıyor olması, uluslararası geçerliliği olan bir iklim sınıflandırma sisteminin kullanılmasını gerekli kılmıştır. Bu bölümde, projelerin yer aldığı bölgelerin iklimsel özellikleri Köppen-Geiger iklim sınıflandırması temel alınarak belirlenmiştir (Arnfield, 2025). Buna ek olarak, biyomimikri tasarım yaklaşımları çerçevesinde, yapıların problem odaklı mı yoksa çözüm odaklı mı bir yaklaşım benimsediği de değerlendirme kriterleri arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda seçilen on beş tasarım/uygulama detaylı olarak incelenip ve sürdürülebilirlik ölçütleri üzerinden değerlendirmeleri yapılacaktır.

4.1. Organizma Seviyesi Örnekleri

Biyomimikri organizma seviyesi, doğadaki tekil organizmaların yapısal ve işlevsel özelliklerinden ilham alarak insan yapımı sistemlerin geliştirilmesi sürecini ifade etmektedir. Bu çerçevede form, malzeme, yapım, süreç ve fonksiyon olmak üzere beş farklı tasarım örneği detaylı olarak ele alınacaktır.

Tablo 2. Organizma Seviye Boyutuna Göre İncelenen Örnekler (Şimşek, 2025)

Biyomimikri Seviyesi	Seviye Boyutu	Yapı Örnekleri
Organizma Seviyesi	Form	Katar Ulusal Kongre Merkezi
	Malzeme	Zcb Bambu Pavyon
	Yapım	Milwaukee Sanat Müzesi – Quadracci Pavyonu’nun
	Süreç	St. Mary Axe / Gherkin Tower
	Fonksiyon	Supertrees Grove

4.1.1. Katar Ulusal Kongre Merkezi (QNCC)

Yapı Katar'ın Başkenti olarak bilinen Doha'da yer almaktadır. Yapı 2011 yılında tamamlanmış olup önemli bir etkinlik ve uluslararası kongre merkezidir. Bina Arata Isozaki tarafından tasarlanmış modern mimari örneklerinden biridir. Yapı sosyal kültürel ve ekonomik açıdan önemli bir konuma sahiptir. Bu yapı sidra ağacından ilham alarak tasarlanmış olan kongre ve sergi merkezi olarak dikkat çekmektedir. Arata Isozaki tarafından tasarlanan, etkileyici cephesi olan yapı iki iç içe geçmiş ağaca benzemektedir (Şekil 21). Bina, sürdürülebilirlik ön planda tutularak inşa edilmiştir ve LEED Sertifikası ile çevre dostu tasarımda başarılı bir örnek olarak yer almaktadır. Bununla birlikte, su ve enerji verimliliği sağlayan yenilikçi sistemlerle donatılmıştır (Al-Kharabsheh, 2021).



Şekil 22. Katar Ulusal Kongre Merkezi (Url-4)

Katar Ulusal Kongre Merkezi 6 kattan oluşan ve 20 metre yüksekliğe sahip bir yapıdır. Yapı 4.000 kişilik ana konferans salonu, 2.300 kişilik tiyatro ve üç oditoryum ile geniş bir etkinlik yelpazesi sunmaktadır. Ayrıca, 52 esnek toplantı odası ve 40.000 metrekaarelik sergi alanı bulunan merkez, aynı zamanda 10.000 kişiye kadar uyarlanabilen büyük etkinliklere ev sahipliği yapabilmektedir. Modern mimarisi ve gelişmiş altyapısı, yerel, bölgesel ve uluslararası etkinlikler için mükemmel bir mekân sağlamaktadır. Tasarımında biyomimikri prensipleri uygulanmış olup, özellikle organizmadan ilham almış bir tasarımdır. Bu bina, sürdürülebilirlik, estetik ve işlevsellik açısından doğadaki organizmalardan alınan ilhamlarla şekillendirilmiştir. Özellikle sidra ağacından esinlenmiş olan bu yapı, biyomimikriye örnek olarak organizma düzeyinde form kategorisinde değerlendirilmektedir (Şekil 23) (Sergeev, 2014).



Şekil 24. Sidra Ağacı ve QNCC (Url-5 ve Url-6)

QNCC'nin tasarımında, sürdürülebilirlik önemli bir yer tutmaktadır. Yapı, enerji verimliliğini artırmak için güncel çevre dostu teknolojilerle donatılmıştır. Binanın dış cephesi, doğrudan güneş ışığından korunmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Binanın mimarisinde Katar'ın kültürel öğeleri de kendini göstermektedir. Bu, yerel geleneklerle modern tasarımın birleştiği bir yapı ortaya çıkarmıştır. Mimarideki detaylar, Arap kültüründen ve yerel sanatlardan esinlenmiştir. Katar Ulusal Kongre Merkezi, estetik ve işlevselliği birleştiren bir yapıdır.

Tablo 3. Katar Ulusal Kongre Merkezi Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2011
	Konum	Doha/Katar
	Mimar	Arata Isozaki
	İşlev	Kongre Merkezi
	Yükseklik (m)	20 m
	İklim	Sıcak Çöl İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Sidra Ağacı
	Belirleyici Özelliği	Ağacın Gövde Yapısı
	Biyomimikri Seviyesi	Organizma -Form
	Taklit yöntemi	Çözüm Odaklı Yaklaşım
	Uygulama alanı	Strüktür
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Enerji Verimliliği ✓ Su Yönetimi ✓ Doğal Kaynak Kullanımı ✓ LEED Sertifikası

4.1.2. ZCB Bambu Pavyon

ZCB Bambu Pavyonu, 2015 yılında Hong Kong'da inşa edilen karbon salınımını sıfırlamayı amaçlayan sürdürülebilir mimarinin önemli örneklerinden biridir. Construction Industry Council tarafından tasarlanan bu pavyon, Zero Carbon Building (ZCB) projesinin bir parçası olarak tasarlanmıştır ve geleneksel bambu işçiliği ile modern mühendislik yöntemlerini bir araya getirmektedir (Şekil 25). Bambu, Asya ve Amerika bölgelerinde hızla büyüyen, çevre dostu ve bolca bulunan bir malzemedir. CO₂'yi emip oksijene dönüştürme yeteneğiyle mükemmel bir yenilenebilir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Aynı zamanda güçlü, hafif ve işlenmesi kolay bir malzeme olup, Hong Kong'da genellikle geçici yapılar, iskeleler ve dini festivallerde kullanılmaktadır. 37 metre uzunluğunda ve 12 metre yüksekliğindeki bu yapı, çevresel sürdürülebilirlik konusunda farkındalık oluşturmayı ve doğal malzemelerin mimarideki kullanım olanaklarını keşfetmeyi hedeflemektedir (Crolla, 2017).



Şekil 26. ZCB Bambu Pavyonun iç ve dış görünümü (Url-7)

ZCB Bambu Pavyonu, halka açık bir etkinlik alanı olarak tasarlanmış olup, yaklaşık 350 m²'lik bir alana sahip ve 200 kişiye kadar oturma kapasitesine olanak tanımaktadır. Yapı, uzun açıklıklarla tasarlanmış ve bükülebilir-aktif bambu kafes kabuklarıyla inşa edilmiştir. Bu mimari yapı, sürdürülebilir tasarım anlayışını benimseyerek, doğal malzeme kullanımı ve estetikle çevresel işlevselliği bir araya getirmektedir. Yapıda bambu malzemesi kullanılarak biyomimikri seviyesi malzeme boyutuna örnek olarak verilmektedir.



Şekil 27. Bambu Bitkisi ve ZCB Bambu Pavyon (Url-8 ve Url-9)

Tamamen doğal bir malzeme olan bambudan inşa edilen pavyon, doğanın kendini yenileme ve dayanıklılık ilkelerinden ilham almaktadır (Şekil 28). Yapının organik formları, bir yaprak ya da tohum kabuğunu andırarak doğanın akıcı geometrilerini taklit etmektedir. Hafif ancak güçlü bir yapı olan bambu, doğadaki bitkilerin mukavemet ve esneklik prensiplerine dayanmaktadır. Ayrıca pavyon, doğal havalandırma ve ışık geçişi sağlayarak enerji tüketimini en aza indirir ve çevresel etkiyi azaltır. ZCB Bambu Pavyonu, biyomimikri aracılığıyla doğadan ilham alan estetik ve sürdürülebilir tasarımın nasıl hayata geçirilebileceğini gösteren bir projedir.

Tablo 4. ZCB Bambu Pavyon'un Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2015
	Konum	Kowloon Bay/Hong Kong
	Mimar	Hong Kong Mimarlık Okulu
	İşlev	Pavyon
	Yükseklik (m)	12 m
	İklim	Nemli Subtropikal İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Bambu
	Belirleyici Özelliği	Bambu Bitkisinin Malzemesi
	Biyomimikri Seviyesi	Organizma-Malzeme
	Taklit Yöntemi	Çözüm Odaklı yaklaşım
	Uygulama Alanı	Dış Yüzeyi
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Doğal Kaynak Kullanımı

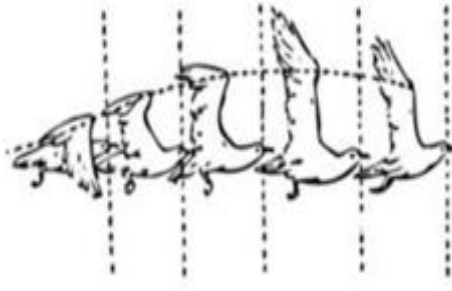
4.1.3. Milwaukee Sanat Müzesi – Quadracci Pavyonu

Milwaukee Sanat Müzesi Quadracci Pavyonu, Amerika'nın Wisconsin şehrinde, 2001 yılında Santiago Calatrava tarafından tasarlanmıştır. 30 metre yüksekliğinde cam çatıya sahip ikonik bir yapıdır. Zeminde 13.197 m² yer kaplayan müzede, cam girişi güneşten korumak üzere açılan ve geceleri perdeleme sağlamak için kapanan 66 metre genişliğe sahip bir üst örtü tasarlanmıştır. Rüzgâr hızının 37 km'nin üstüne çıktığı durumlarda otomatik kapanmayı sağlayan iki adet ultrasonik rüzgâr sensörü yerleştirilmiştir (Çitken & Yamaçlı, 2023).



Şekil 29. Milwaukee Sanat Müzesi Görünümü (Url-10)

Yapının mimarisi, Santiago Calatrava'nın doğadan ilham alan biyomimikri yaklaşımıyla şekillenmiştir. Quadracci Pavilion'un "Brise Soleil" kanat sistemi, kuşların hareketlerinden esinlenerek tasarlanmıştır. Kanatlar gündüzleri açılarak müzeye giren güneş ışığının kontrolünü sağlarken, geceleri ve olumsuz hava koşullarında da kapanarak müzeyi dış etkilere karşı korumaktadır (Şekil 30). Tasarım, enerji verimliliği ve aerodinamik ilkelerle doğanın işlevselliğini yansıtmaktadır. Bu tasarım, biyomimikri prensiplerinden yararlandığını açıkça ortaya koymaktadır. Müzenin en ikonik unsuru olan hareketli kanatlar, bir kuşun uçuş halindeki kanatlarını andıracak şekilde tasarlanmıştır. Bu yapı, doğadaki aerodinamik hareketlerden ilham alarak güneş ışığını kontrol etme ve yapıyı doğal çevresiyle bütünleştirme işlevi görmektedir (Gündoğdu & Arslan, 2019)



Şekil 31. Kuşun Havaya Yükselme Süreci (Url-11) ve Quadracci Pavyonu’nun Panjurları (Meinhold, 2010)

Kanatlar, rüzgâr ve ışık koşullarına bağlı olarak açılıp kapanır ve böylece hem enerji verimliliği sağlar hem de binanın yaşayan bir organizma gibi görünmesini mümkün kılmaktadır. Bu esinlenme, biyomimikri ilkelerinden yararlanıldığını; kuşun kanatlarının oluşumundan yola çıkılması, organizma seviyesinin yapım boyutunu karşıladığını; önce esin kaynağının seçilmesi, ardından bu esin kaynağına uygun bir ürünün ortaya çıkarılması ise, çözüm odaklı metodun tercih edildiğini göstermektedir.

Tablo 5. Milwaukee Sanat Müzesi–Quadracci Pavyonu'nun Özellikleri (Şimşek, 2025)

	Özellik	Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2001
	Konum	Wisconsin /Amerika
	Mimar	Santiago Calatrava
	İşlev	Müze
	Yükseklik (m)	30 m
	İklim	Nemli Karasal İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Kuş
	Belirleyici Özelliği	Kuşun Havalanma Süreci
	Biyomimikri Seviyesi	Organizma-Yapım
	Taklit Yöntemi	Çözüm Odaklı Yaklaşım
	Uygulama alanı	Çatı
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Strüktür ✓ Güneş Kontrolü ✓ Rüzgâr Kontrolü



Şekil 33. Venüs'ün Çiçek Sepeti ve 30 St Mary Axe Kulesi (Korkmaz, 2022)

Gherkin Kulesi, Venüs bitkisi süngerinden esinlenerek tasarlanmış bir yapıdır (Şekil 28). Venüs bitkisi süngeri, su altında parlak ve camı bir kafes benzeri dış iskelete sahip olup, bu özellikleriyle dikkat çekmektedir. Norman Foster, bu benzersiz yapıyı tasarlarken bitkinin özgün biçimsel özelliklerinden ilham almıştır. Yapının tasarımında biyomimikri yaklaşımı oldukça belirgin olup, Venüs bitkisi süngeriyle olan benzerlik, yapıyı bir organizma olarak değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda, Gherkin Kulesi sadece estetik değil, aynı zamanda fonksiyonel bir biyomimikri örneği olarak dikkat çekmektedir (Freiberger, 2007).

Tablo 6. Gherkin Kulesi Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2003
	Konum	Londra/İngiltere
	Mimar	Norman Foster
	İşlev	Ofis
	Yükseklik (m)	180 m
	İklim	Ilıman Okyanus İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Venüs'ün Çiçek Sepeti Cam Süngeri
	Belirleyici Özelliği	Güneş ışığını en alt seviyelere kadar ulaştırmayı sağlayan doğal mekanizma
	Biyomimikri Seviyesi	Organizma-Süreç
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Dış Yüzeyi
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ İç Ortam Aydınlatma ✓ İç Ortam Havalandırma

4.1.5. Supertrees Grove

Supertrees Grove, Singapur'un merkezine oldukça yakın bir bölgede yer alan ve şehri simgeleyen bir park kompleksidir. 2012 yılında açılan bu geniş yeşil alan, sürdürülebilirlik ve doğayla uyumlu tasarımıyla öne çıkmaktadır. Singapur hükümetinin şehri daha yeşil ve yaşanabilir bir hale getirme amacıyla hayata geçirdiği bu projede, modern teknoloji ve doğal unsurlar bir araya getirilmiştir (Errico, 2019). Park, sadece botanik bahçesi değil, aynı zamanda yeşil alanlar, açık hava etkinlikleri ve sanat sergileriyle bir yaşam alanı işlevi görmektedir. Toplamda 101 hektarlık alana yayılan bu alan, üç farklı bahçeden oluşmaktadır. Grant Associates tarafından tasarlanan 18 Süper Ağaç, 25 ila 50 metre yüksekliğinde, tropikal bitkilerle donatılmış dikey bahçeler sunmaktadır (Mesa vd., 2007).



Şekil 34. Ağaç (Url-12) ve Supertrees Grove (Russo & Cirella, 2018).

Gece olduğunda, bu ağaçlar aydınlatmalar ve medya yansımalarıyla canlı hale gelmektedir. Bu yapılar, soğutmalı Konservatuvarların enerji ve su ihtiyaçlarını karşılamak için sürdürülebilir enerji çözümleriyle donatılmıştır. Supertrees Grove tasarımında biyomimikri prensipleri, doğadaki ağaçların fotosentez sürecinden ilham alır. Bu süreç, enerji verimliliği ve çevreyle uyumlu yaşam alanları yaratmak için mükemmel bir model sunmaktadır. Supertrees Grove yapılarında, güneş panelleri güneş ışığını verimli bir şekilde emerek enerji üretir. Yapılar, ağaçların güneş ışığını almak için dallarını nasıl konumlandığına benzer şekilde tasarlanmıştır (Russo & Cirella, 2018).

Tablo 7. Supertrees Grove Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimarî Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2012
	Konum	Singapur
	Mimar	Grant Associates
	İşlev	Botanik Bahçesi
	Yükseklik (m)	25 m - 50 m
	İklim	Tropikal Yağmur İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Ağaç
	Belirleyici Özelliği	Fotosentez
	Biyomimikri Seviyesi	Organizma-Fonksiyon
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Dış Yüzeyi
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Güneş Kontrolü ✓ Rüzgâr Kontrolü ✓ Tasarım ✓ Su Yönetimi

4.2. Davranış Seviyesi Örnekleri

Biyomimikri davranış seviyesi, doğadaki organizmaların belirli bir ortama uyum sağlamak için geliştirdikleri davranışsal ve etkileşimsel özelliklerinden ilham alarak insan yapımı sistemlerin tasarlanmasını ifade etmektedir. Bu çerçevede form, malzeme, yapım, süreç ve fonksiyon olmak üzere beş farklı tasarım örneği ele alınacaktır.

Tablo 8. Davranış Seviye Boyutuna Göre Örnekler (Şimşek, 2025)

Biyomimikri Seviyesi	Seviye Boyutu	Yapı Örnekleri
Davranış Seviyesi	Form	Orquideorama
	Malzeme	Hy- Fi Tower
	Yapım	Pekin Ulusal Stadyumu
	Süreç	HygroSkin
	Fonksiyon	City Council House 2 / CH2

4.2.1. Orquideorama Botanik Bahçesi

Orquideorama, Kolombiya'nın başkenti Bogotá'da yer alan Bogotá Botanik Bahçesi içinde bulunan yapıdır. Kolombiya, dünyadaki en büyük orkide çeşitliliğine sahip ülkelerden biri olduğundan, bu zenginliği sergileyebilecek bir yapı ihtiyacı doğmuştur. Yapının tasarımında doğadaki formlardan ilham alarak ve çevresel sürdürülebilirlik anlayışıyla yapılmıştır. Orquideorama, 18 m yüksekliğinde bir yapıdır. Yapının inşaatı 2000 'li yıllarda başlamış olup 2006 yılında tamamlanmıştır. Yapı yalnızca Kolombiya'nın orkide türlerini sergileyen bir merkez değil, biyolojik çeşitliliğin korunmasına yönelik eğitim ve araştırmalar yapılan bir alan olarak hizmet vermektedir (Mesa vd., 2007).



Şekil 35. Orquideorama Botanik Bahçesi (Mesa vd., 2007)

Orquideorama'nın doğadan ilham alan organik formuyla dikkat çekmektedir. Bal peteğinin altıgen geometrisinden ilham alınarak oluşturulmuştur. Yapı, petek formunda bir araya getirilmiş altıgen ahşap modüllerden oluşmaktadır. Yapının en dikkat çekici özelliği, altıgen formda ve kubbe şeklinde düzenlenmiş çelik yapılarla oluşturulmuş olan formudur. Kubbeler, binanın iç mekânındaki sıcaklık ve nem dengesini korumak amacıyla doğal havalandırma sağlamaktadır. Yapı, doğal malzemeler ve yenilenebilir enerji kullanımı ile tasarlanarak sürdürülebilirliği amaçlamaktadır (Contreras vd., 2023).



Şekil 36. Bal Peteği(Url-13)ve Orquideorama Botanik Bahçesi (Contreras vd., 2023)

Bal peteği, doğada en fazla alanı en az enerjiyle kaplayan altıgen yapısı ile bilinmektedir. Altıgen formlar, yapının ısıyı tutma ve rüzgâr enerjisinden yararlanma gibi doğal özelliklerini geliştirmektedir. Bu tasarım, doğadaki organizmaların çevresel koşullara uyum sağlama davranışlarını taklit eder ve enerji verimliliğini artırarak sürdürülebilir bir yapı ortaya çıkarmaktadır. Biyomimikri açısından yapının tasarımı, davranış seviyesi ve form boyutuna örnek olarak verilmektedir (Contreras vd., 2023).

Tablo 9. Orquideorama Botanik Bahçesi'nin Özellikleri (Şimşek, 2025).

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2006
	Konum	Medellin/Kolombiya
	Mimar	Plan B Architects, JPRCR Architects
	İşlev	Botanik Bahçe
	Yükseklik (m)	18 m
	İklim	Tropikal Muson İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Bal Peteği
	Belirleyici Özelliği	Altıgen Formu
	Biyomimikri Seviyesi	Davranış-Form
	Taklit Yöntemi	Çözüm Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Çatı
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Estetik ✓ Enerji Verimliliği

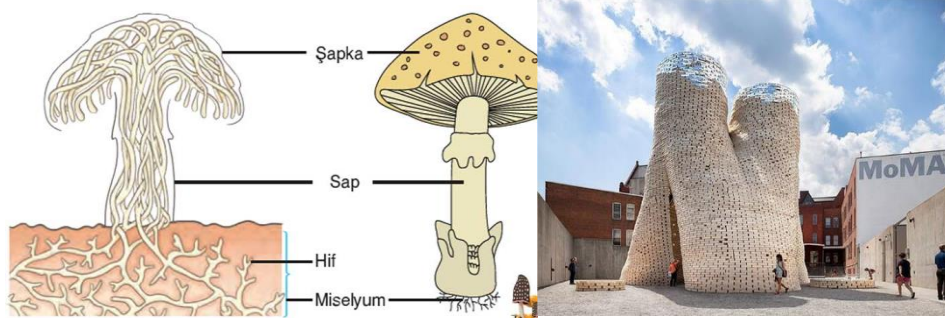
4.2.2. Hy-Fi Tower

Hy-Fi, 2014 yılında David Benjamin tarafından tasarlanmış ve New York'taki MoMA PS1 Yaz Mimarlık Programı kapsamında geçici bir pavyon olarak inşa edilmiştir. Yapı, tamamen doğal ve biyolojik olarak parçalanabilir miselyum (mantar kökleri) ve tarımsal atıklardan yapılan tuğlalarla oluşturulmuştur. Kulelerin dairesel ve yukarı doğru incelen formu, hem estetik hem de işlevsellik açısından dikkat çekicidir. Bu form, güneş ışığını yönlendirerek ve iç mekânda serinlik sağlayarak enerji tasarrufu sunmaktadır. Hy-Fi, kolay monte edilip sökülebilecek şekilde modüler bir sistemle tasarlanmıştır ve geçici bir yapı olmasına rağmen sürdürülebilirlik odaklı bir mimarlık yaklaşımıyla üretilmiştir. Kullanım sonrası tüm malzemeleri geri dönüştürülmüş ve karbon ayak izi minimumda tutulmuştur (Hy-Fi, 2017).



Şekil 37. Hy-Fi pavyonunun genel görünümü (Hy-Fi, 2017)

Hy-Fi'de kullanılan mantarın organik yapısı, karbon döngüsüne katkı sağlayan mantar kültürlerinden yapılmış miselyum tuğlaların geliştirilmesi için ilham kaynağı olmuştur (Şekil 33). Bu yaklaşım, biyomimikri ilkelerinden yararlandığını göstermektedir. Doğal bir canlı olan mantarın biyolojik yapısından ilham alınarak yapı malzemesi üretilmesi, biyomimikrinin davranış seviyesinde malzeme boyutunu karşılamaktadır. Bu süreçte önce doğadaki esin kaynağı (mantar) seçilmiş, ardından bu kaynağın özelliklerine uygun bir ürün ortaya çıkarılmıştır. Bu çözüm odaklı yöntem, enerji yoğun endüstriyel süreçlere ihtiyaç duymadan düşük karbon salınlı bir yapı malzemesi yaratılmasını sağlamıştır. Hy-Fi, biyomimikri yaklaşımı sayesinde karbon emisyonlarını azaltarak enerji yönetimi açısından yüksek performans ve sürdürülebilir mimarlık gereksinimlerini karşılamıştır (Sandak vd., 2019).



Şekil 38. Mantarların İç yapısı ve Hy-Fi Tower (Hy-Fi, 2017).

Yapı, biyolojik olarak parçalanabilir malzemeler kullanarak doğa ile uyumlu bir tasarım sunmaktadır. Miselyum tuğlalar, hem düşük karbon ayak iziyle üretilir hem de inşaat sonrası tamamen geri dönüştürülebilmektedir (Özel, 2023). Ayrıca, geçici bir yapı olarak tasarlanmış olmasına rağmen, enerji verimliliği sağlamak için tasarımda doğal havalandırma ve güneş ışığını yönlendiren özellikler bulunur. Bu yaklaşım, kaynakların verimli kullanımını ve sürdürülebilir bir geleceğe katkı sağlamak amacıyla enerji tasarrufu ve atık minimizasyonunu hedeflemektedir.

Tablo 10. Hy-Fi Tower Özellikleri (Şimşek, 2025).

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Kaldırılmış
	Tasarım/Yapım Yılı	2014
	Konum	NewYork (MoMA)/Amerika
	Mimar	David Benjamin
	İşlev	Pavyon
	Yükseklik (m)	12 m
	İklim	Nemli Karasal İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Mantar
	Belirleyici Özelliği	Organik Yapısı Miselyum
	Biyomimikri Seviyesi	Davranış-Malzeme
	Taklit Yöntemi	Çözüm Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Dış Cephe
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Enerji Verimliliği ✓ Sıfır Karbon

4.2.3. Pekin Ulusal Stadyumu

Pekin Ulusal Stadyumu, 2008 Yaz Olimpiyatları için inşa edilmiş ve Pekin'de bulunan önemli bir spor tesisidir. Tasarımında, Çin'in geleneksel mimarisinin modern mühendislikle harmanlandığı özgün bir estetik anlayışı benimsenmiştir. Yapımında iç içe geçmiş metal kirişlerle bir "yuva" şekli oluşturulmuş, bu da stadyumun "Kuşun Yuvası" olarak adlandırılmasına sebep olmuştur. 91.000 kişilik kapasitesiyle olimpiyat açılış ve kapanış törenlerine ev sahipliği yapmış olan stadyum, dünya çapında pek çok spor etkinliğine de sahne olmuştur. Pekin Ulusal Stadyumu, sadece mimarisiyle değil, aynı zamanda Çin'in modernleşme sürecindeki öneminden dolayı kültürel bir simge haline gelmiştir (Shen vd., 2013).



Şekil 39. Stadyumun Dış Görünümü (Shen vd., 2013)

Stadyumun cephe ve çatı tasarımında, kuş yuvasından ilham alınmıştır. İlk bakışta sadece biçimsel bir benzerlik gözlemlense de, tasarımın temelinde Çin'in deprem riski taşıyan bir ülke olması ve binanın deprem dayanıklılığına odaklanması yatmaktadır. Bu bağlamda, kuş yuvası şeklindeki tasarım, çelik yapının birbirine bağlı kısımlarını içerir ve bu yapı, en kötü senaryo altında bile yani betonarme strüktürün tamamen çöktüğü bir durumda hayatta kalması amaçlanarak inşa edilmiştir. (Mehta vd., 2019). Bu mühendislik yaklaşımı, stadyumun dayanıklılığını ve güvenliğini ön planda tutarak, yapı sisteminin tüm potansiyel risklere karşı dirençli olmasını sağlamayı hedeflemiştir.



Şekil 40. Kuş Yuvası ve Pekin Ulusal Stadyumu (Mehta vd., 2019).

Pekin Ulusal Stadyumu'nun biyomimetik özelliklerine bakıldığında, tasarımın kuş yuvasından ilham alması, biyomimikri ilkelerinin kullanıldığını ortaya koymaktadır. Kuşların yuvadan elde ettiği dayanım özelliklerinden esinlenerek yapılan tasarım, yapının davranış seviyesinin yapım boyutunu başarıyla karşılamaktadır (Şekil 35). Ayrıca, bu yaklaşım, yapının inşa edildiği bölgedeki deprem riski gibi bir soruna çözüm sunarak problem odaklı bir metodun benimsendiğini göstermektedir. Biyomimikri yaklaşımı sayesinde, bu tasarım örneği, deprem dayanımını arttırarak taşıyıcı sistem açısından gerekli performans gereksinimlerini karşılayacak şekilde optimize edilmiştir (Mehta vd., 2019).

Tablo 11. Pekin Ulusal Stadyumu Özellikleri (Şimşek, 2025).

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2008
	Konum	Pekin/Çin
	Mimar	Herzog & de Meuron
	İşlev	Stadyum
	Yükseklik (m)	69 m
	İklim	Sıcak Yazlı Nemli Karasal İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Kuş Yuvası
	Belirleyici Özelliği	Dalların Birbirine Bağlanmasıyla
	Biyomimikri Seviyesi	Davranış-Yapım
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Dış yüzeyi
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Strüktür

4.2.4. HygroSkin

HygroSkin, Fransa'nın Orleans kentinde 2013 yılında Achim Menges Mimarlık, Oliver David Krieg ve Steffen Reichert tarafından tasarlanmış olup, geniş bir ekip çalışması olarak ortaya çıkmıştır. Hafif ve esnek bir yapıya sahip olan pavyon, ahşap kompozit malzemeden üretilmiş ve gözenekli yüzey yapısıyla çevresel etkilere duyarlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapının ana malzemesi, neme duyarlı ahşap kompozit olup, herhangi bir sensör veya motor sistemine ihtiyaç duymadan doğal çevresel değişimlere tepki verebilmektedir (Achim Menges, 2013).



Şekil 41. HygroSkin Dış Görünümü (Achim Menges, 2013)

Biyomimikri yaklaşımının bir örneği olan bu pavyon, ladin kozalaklarının nem seviyesine bağlı olarak açılıp kapanma hareketinden ilham almıştır (Şekil 42). Pavyonun yüzeyi, %30 ile %90 arasındaki nem değişimlerine bağlı olarak açılıp kapanabilen gözenekli bir yapıya sahiptir. Nem seviyesinin artması, yüzeydeki küçük ahşap açıklıkların kapanmasına neden olarak iç mekânın hava koşullarından daha az etkilenmesini sağlamaktadır (Achim Menges, 2013). Bu pasif iklimlendirme yöntemi, mekanik havalandırma sistemlerine duyulan ihtiyacı azaltarak enerji tüketimini en aza indirmektedir. HygroSkin, biyomimikri yaklaşımının davranış seviyesinde, süreç kategorisinde problem odaklı bir yaklaşımla ele alınmış ve çevresel koşullara duyarlı bir tasarım olarak geliştirilmiştir.



Şekil 43. Ladin Kozalağı ve Hava değişikliklerine Uyum Sağlayan HygroSkin (Achim Menges, 2013).

Yüzeydeki açıklıklar gün ışığını kontrollü bir şekilde içeri alarak doğal aydınlatmayı desteklemekte ve yapay aydınlatmaya olan bağımlılığı azaltmaktadır. HygroSkin'in sunduğu bu sürdürülebilir yaklaşım, hem enerji verimliliğini artırmakta hem de doğadan ilham alan çözümlerle yapıların çevresel etkilerini minimize etmektedir (Reichert vd., 2014: 66-67; Fox, 2016).

Tablo 12. HygroSkin' in Özellikleri (Şimşek, 2025)

	Özellik	Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Kaldırılmış
	Tasarım/Yapım Yılı	2013
	Konum	Fransa
	Mimar	Achim Menges, Oliver David Krieg ve Steffen Reichert
	İşlev	Pavyon
	Yükseklik (m)	3 m
	İklim	Ilıman Okyanus İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Ladin Kozalağı
	Belirleyici Özelliği	Açılıp Kapanma Tepkisi
	Biyomimikri Seviyesi	Davranış-Süreç
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Dış Cephe
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ İklimlendirme ✓ İç Ortam Aydınlatma ✓ Enerji Verimliliği

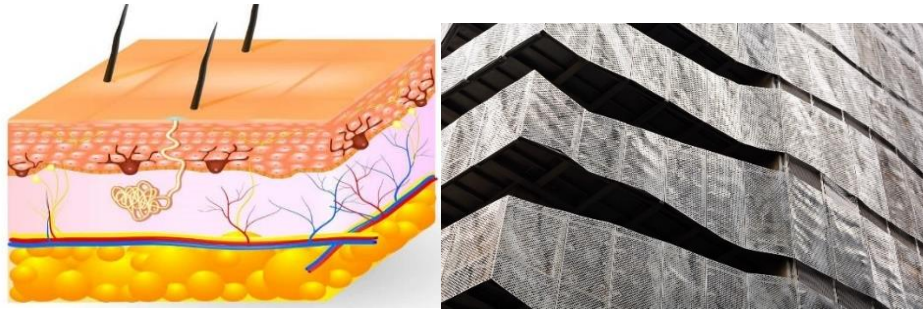
4.2.5. City Council House 2 / CH2

Council House binası (CH2), 2006 yılında Melbourne, Avustralya'da tamamlanmış ve sürdürülebilir tasarım prensipleriyle inşa edilmiş bir yapıdır. Melbourne Belediyesi'nin ofis binalarından biri olarak kullanılan bu yapı, çevre dostu özellikleriyle dikkat çekmektedir. CH2, sıfır karbon emisyonu hedefiyle tasarlanmış kamu binalarından biridir (Webb, S, 2005). Binada, güneş enerjisi panelleri, yağmur suyu toplama sistemleri ve doğal havalandırma gibi sürdürülebilir çözümler uygulanmıştır. Ayrıca, iç mekân hava kalitesini artıran ve su tüketimini azaltan çeşitli sistemlerle donatılmıştır.



Şekil 44. CH2 Binasının Dış Cephesi (Masmas & İmert, 2025).

CH2 Council House binasının mimari tasarımı, sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği hedeflerine odaklanarak şekillendirilmiştir. Tasarımında doğal havalandırma ve güneş enerjisi gibi doğadan beslenen yöntemler kullanılmıştır. Bu sayede, iç mekânlarda termal konfor sağlamak için pasif soğutma ve ısıtma teknikleri uygulanmıştır (Zari, 2007). Ayrıca, bina tasarımında biyomimikri ilkelerinden faydalanılmış, doğadaki organizmaların ve doğal süreçlerin işleyişi örnek alınarak termal düzenleme ve enerji verimliliği sağlanmıştır.



Şekil 45. Memeli Derisinin Solunum Mekanizması ve Dış Cephe Detayı (Url-14 ve Url-15)

Memeli derisinin solunum mekanizması, sıcaklık farklarını yönetme ve iç mekânın soğutulmasına ilham vermiştir (Şekil 46). CH2 binasında uygulanan gece boyunca biriken sıcak havanın doğal hava akışıyla tahliye edilmesi ve su buharlaştırma yöntemiyle havanın soğutulmasını sağlayan sistem gibi yöntemler, geri dönüştürülmüş ahşap malzemelerle aktif cephe tasarlanmıştır (Mohamed vd., 2019). Bu tasarım, doğal süreçlerden esinlenerek sürdürülebilir mimariye katkı sağlamıştır.

Tablo 13. CH2 Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Yapım Yılı	2006
	Konum	Melbourne/Avustralya
	Mimar	Mick Pearce
	İşlev	Ofis
	Yükseklik (m)	40 m
	İklim	Ilıman Okyanus İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Hayvan Derisi (Memeli hayvanlar için)
	Belirleyici Özelliği	Solunum Mekanizması
	Biyomimikri Seviyesi	Davranış-Fonksiyon
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Cephe
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Havalandırma

4.3. Ekosistem Seviyesi Örnekleri

Biyomimikri ekosistem seviyesi, doğadaki organizmaların birbiriyle ve çevreyle olan karmaşık ilişkilerini taklit eden tasarımları ifade etmektedir. Bu çerçevede form, malzeme, yapım, süreç ve fonksiyon olmak üzere beş farklı tasarım örneği detaylı olarak ele alınacaktır.

Tablo 14. Ekosistem Seviye Boyutuna Göre Örnekler (Şimşek, 2025)

Biyomimikri Seviyesi	Seviye Boyutu	Yapı Örnekleri
Ekosistem Seviyesi	Form	Zira Adası
	Malzeme	The Eden Project
	Yapım	Coral Reef
	Süreç	Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi
	Fonksiyon	Masdar City

4.3.1. Zira Adası

Azerbaycan'ın Yedi Zirvesi, Hazar Denizi'nde bulunan Zira Adası'nda Sıfır Enerji tatil beldesi ve eğlence şehri için tasarlanan plandır. Yedi Zirve'nin her birinin tasarımı, Azerbaycan'daki ünlü bir dağın geometrisinden ilham alarak oluşturulmuştur. Her dağ, özel ve kamusal işlevlerin bir arada sunulması için temel bir ilke olarak şekillenir. Proje, Azerbaycan'ın dağlık manzarasından ilham alarak, doğal ekosistemlerin işleyişini mimari unsurlara yansıtmaktadır. Tasarımda, dağlar gibi doğal formlar kullanılarak, suyun doğru şekilde yönlendirilmesi, ısının depolanması ve hava akışının düzenlenmesi sağlanmaktadır (Maglic, 2012).



Şekil 47. Zira Adası Projesi ve Enerji Döngüsü (Maglic, 2012).

Zira Adası, dışa bağımlılıktan tamamen uzak, kendi kendine yeten bir ada olarak tasarlanmıştır. Geleneksel Azerbaycan yapı geleneğinin en iyi unsurlarını, en yeni teknolojilerle birleştirerek, ada sakinlerine minimum kaynak tüketimiyle yaşam alanları sunmayı amaçlamaktadır. Adadaki binalar, çevredeki Hazar Denizi'ne bağlı ısı pompalarıyla tamamen ısıtılıp soğutulmaktadır. Yedi zirvenin simgesel silüetleri, sadece estetik bir öge değil, aynı zamanda ekolojik işlevselliği destekleyen yapılar olarak tasarlanmıştır. Boyut ve şekil açısından, dağların ve vadilerin biçimleri, çevresel etkileşimi optimize etmek ve adadaki doğal akışları sağlamak amacıyla uygulanmıştır (Yazıcıoğlu & Selçuk, 2019). Binaların iklimlendirilmesi, Hazar Denizi'ne bağlı ısı pompalarıyla yapılırken, cephelere yerleştirilen güneş panelleri sıcak su temini sağlamakta, çatılardaki fotovoltaik (PV) paneller ise güneş enerjisi üretmektedir. Deniz üzerine yerleştirilen rüzgâr türbinleri sayesinde rüzgâr enerjisi elde edilmekte, atık su ve yağmur suyu toplanarak arıtma tesislerine yönlendirilip, sulama için yeniden kullanılmaktadır (Karakoç, 2022). Bu yaklaşım, Zira Adası'nın doğayla uyumlu, kendi kendine yeten bir ekosistem olarak işlev görmesini

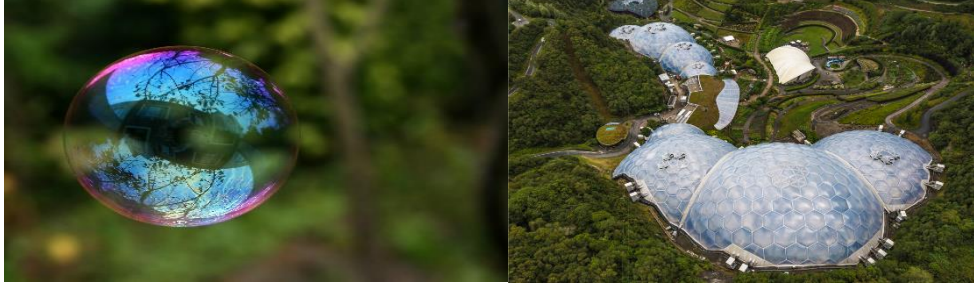
sağlamaktadır. Adanın sürekli sulama ve gübreleme sistemi, tropikal bir adanın yemyeşil görünümünü sürdürülebilir şekilde desteklerken, ekolojik ayak izini minimumda tutmaktadır. Peyzaj tasarımı, dağların oluşturduğu mikro iklimlerden ve rüzgâr simülasyonlarından esinlenerek yapılmıştır. Rüzgâr ve türbülansın en güçlü olduğu bölgelerde ağaçlar daha yoğun dikilir, böylece düşük rüzgâr hızlarıyla rahat bir açık hava dinlenme ortamı sağlanır (Maglic, 2012).

Tablo 15. Zira Adası Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Fikir Projesi
	Tasarım/Yapım Yılı	2009
	Konum	Bakü/Azerbaycan
	Mimar	BIG Architects
	İşlev	Karma Kullanım
	Yükseklik (m)	Veri Yok
	İklim	Sıcak Stepler İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Azerbaycan'daki ünlü bir dağın geometrisinden
	Belirleyici Özelliği	Doğal Sistemler
	Biyomimikri Seviyesi	Ekosistem -Form
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Peyzaj
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓Güneş Kontrolü ✓ Rüzgâr Kontrolü ✓Su Yönetimi ✓Atık Yönetimi ✓ Enerji Yönetimi

4.3.2. The Eden Project

2000 yılında İngiltere'nin Cornwall bölgesinde açılan Eden Projesi, çevresel sürdürülebilirlik, ekosistem bilinci ve biyomimikri ilkelerini bir araya getiren biyosfer parkı olarak dikkat çekmektedir. Bu proje, dünyanın farklı iklim bölgelerinden bitki türlerini bir araya getirerek, doğanın çeşitliliğini sergilemektedir. Eden Projesi'nin özelliği, bal peteği şeklindeki jeodezik kubbelerden oluşan yapılarıdır. Bu kubbeler, biyomimikri ilkelerine dayanarak tasarlanmış olup, ETFE adında hafif, dayanıklı ve enerji verimli bir malzeme ile kaplanmıştır (Hammond, 2024).



Şekil 48. Sabun Köpüğü (Url-16) ve Eden Projesi (Hammond, 2024).

Projenin jeodezik kubbeleri, sabun köpüklerinin ışık kırıcı özelliklerinden ilham almıştır. Bu tasarım, kubbeleri oluşturan altıgen birimlerde ETFE malzeme kullanılmasını sağlamıştır (Şekil 49)(Lewis vd., 2006). ETFE, hafifliği, ışık geçirgenliği ve enerji verimliliği ile projeye ideal bir çözüm sunmuş; böylece kubbeler, doğal ışığın en verimli şekilde kullanılmasını ve iç mekânın iklim kontrolünün optimize edilmesini mümkün kılmaktadır. Sabun köpüklerinin yapısal özelliklerinden esinlenilen bu yaklaşım, doğanın tasarım süreçlerine nasıl yön verdiği ortaya konulmaktadır (Hammond, 2024).



Şekil 50. Eden Projesi iç ve dış görünümü (Sandzén, 2015).

Eden Projesi'nin tasarımında, doğal döngülerde gözlemlenen süreçlerin sonunda ortaya çıkan maddelerin yeni bir süreçte hammadde olarak kullanılması ilkesi, biimler içinde iki ayrı ekosistem oluşturulması konusunda ilham kaynağı olmuştur. Bu yaklaşım, doğanın kapalı döngü sistemlerinden esinlenerek, atıkların geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması fikrini projeye entegre etmektedir. Böylece, proje hem doğal kaynak kullanımını minimize etmiş hem de sürdürülebilirlik hedeflerini vurgulamıştır. Bu yapı, Eden Projesi'nin yalnızca bir botanik sergi alanı değil, aynı zamanda sürdürülebilir tasarım, biyomimikri doğal süreçlerden ilham alarak mimari örnek olmasını sağlamıştır (Sandzén, 2015).

Tablo 16. Eden Projesi Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2000
	Konum	Cornwall/İngiltere
	Mimar	Michael Pawlyn, Grimshaw Architects
	İşlev	Botanik Bahçesi
	Yükseklik (m)	50 m
	İklim	Ilıman Okyanus İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Sabun Köpükleri
	Belirleyici Özelliği	Işık Kırıcı Özelliği
	Biyomimikri Seviyesi	Ekosistem -Malzeme
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Dış
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Güneş Kontrolü ✓ Rüzgâr Kontrolü ✓ Su Yönetimi

4.3.3. Coral Reef Projesi

Coral Reef Projesi, 2011 yılında sürdürülebilir tasarım ve çevresel farkındalık odaklı bir mimari konsept olarak geliştirilmiştir. Haiti'nin geçmişte yaşadığı şiddetli depremler nedeniyle büyük ölçüde zarar görmesi, bu projeyi Mimar Vincent Callebaut tarafından tasarlanmıştır. Şehirdeki insanların ihtiyaçlarına yanıt verecek yeni bir yaşam alanı oluşturmayı hedefleyen Callebaut, çözüm arayışında doğaya yönelmiş ve tasarımında mercan kayalıklarından ilham alınmıştır (Callebaut, 2011). Projenin temel amacı, hem doğal ekosistemlerle uyumlu hem de topluluk ihtiyaçlarını karşılayan bir yapı modeli geliştirmektir.



Şekil 51. Coral Reef Projesi Evlerin Düzenlenmesi (Callebaut, 2011)



Şekil 52. Mercan Kayalığı (Url-17) ve Coral Reef Projesi (Callebaut, 2011)

Mercan kayalarının birbirlerine eklenebilme özelliği, Coral Reef Projesi'nin tasarımında modüler birimlerin geliştirilmesine ilham kaynağı olmuştur. Mercanların doğal ekosistem içinde genişleme kabiliyeti, ihtiyaç durumunda mesken sayısının artırılmasını mümkün kılan esnek ve ölçeklenebilir bir sistemin yaratılmasına olanak sağlamıştır (Şekil 53). Projedeki modüler birimler, yalnızca estetik bir tasarım değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik ve dayanıklılık açısından yenilikçi bir çözüm sunmaktadır. Bu yaklaşım, Haiti'de Coral Reef Projesi'nin yalnızca bir yapı kompleksi değil, aynı zamanda doğadan ilham alan bir yaşam modeli sunarak sürdürülebilir tasarım ve mimarinin bir örneği haline gelmesini sağlamıştır (Maglic, 2012).

Tablo 17. Coral Reef Projesi Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Fikir Projesi
	Tasarım/Yapım Yılı	2011
	Konum	Haiti
	Mimar	Vincent Callebaut
	İşlev	Karma Kullanım
	Yükseklik (m)	110 m
	İklim	Ekvatorial Yağmur İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Mercan Resifi
	Belirleyici Özelliği	Birbirlerine Eklenebilmeleri
	Biyomimikri Seviyesi	Ekosistem -Yapım
	Taklit Yöntemi	Çözüm Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Dış Cephe
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Tasarım (Esnek Tasarım)

4.3.4. Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi

Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi, 2008 yılında San Francisco'nun Golden Gate Parkı'nda hizmete açılmıştır. Renzo Piano tarafından tasarlanan akademinin müze binası yaklaşık 28 metre yüksekliğindeki her biri cam bir kubbeye sahip iki önceden var olan binanın bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi bünyesinde bulundurduğu planetaryum, akvaryum, sergi alanları ve geniş bir yeşil çatısı ile dikkat çekmektedir. Yeşil çatının altında yer alan tüm bu mekanların kütsel kurgusu çatıya şeklini vermektedir. Yapının üzerinde doğal bitki bulunan yeşil çatı, doğal bir topografyayı andıran bir formdadır (Arkitektuel, 2019).



Şekil 54. Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi Yaşayan Çatısındaki Tepeleri Gösteren Hava Görüntüsü (ArchDaily, 2008)

Köşelerde düzleşen çatı, merkezde yükselerek planetaryum ve yağmur ormanı sergi alanı üzerindeki iki kubbeyi oluşturmaktadır. Kubbelerdeki açılıp kapanabilen yuvarlak pencereler, müze içinde doğal hava sirkülasyonu sağlamaktadır (Arkitektuel, 2019). Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi, biyomimikri prensiplerinden esinlenerek tasarlanmıştır. Müzenin en dikkat çekici unsurlarından biri, bitki örtüsüyle kaplı yaşam çatısıdır (Şekil 55). Bu çatı, doğadaki doğal döngüleri ve ekosistemlerin işleyişini model alarak enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından çözüm sunmaktadır. Yaşam çatısı, bölgedeki biyoçeşitliliği artırmak için yerel bitki türleriyle tasarlanmış olup, yağmur suyunu toplayarak ve iç mekan sıcaklıklarını düzenleyerek ekolojik bir sistem gibi işlev görmektedir (ArchDaily, 2008).



Şekil 56. Yapı çatısında bulunan açılabilir ışıklıklar (ArchDaily, 2008)

Çatıya yerleştirilen cam paneller, iç mekânlara doğal ışık sağlayarak enerji tüketimini en aza indirmektedir (Şekil 57). Ayrıca, müzenin enerji ihtiyacını karşılayan fotovoltaik paneller, çevre dostu enerji üretimi konusunda örnektir. Müzenin sadece bir bilim merkezi değil, aynı zamanda sürdürülebilir mimarının öncüsü olarak öne çıkmasına katkı sağlamaktadır. Müze, doğanın prensiplerinden ilham alan tasarım ve mimari yeniliklerin başarılı bir birleşimini temsil ederek, biyomimikrinin mimarideki uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır (Şenyurt & Altın, 2014).

Tablo 18. Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi' nin Özellikleri (Şimşek, 2025)

Özellik		Açıklama
Mimari Özellikler	Durum	Mevcut
	Tasarım/Yapım Yılı	2008
	Konum	San Francisco/Kaliforniya
	Mimar	Renzo Piano
	İşlev	Müze
	Yükseklik (m)	28 m
	İklim	Ilıman Akdeniz İklim
Biyomimikri Özellikleri	İlham Alınan Özellik	Arazi
	Belirleyici Özelliği	Bölgenin Doğal Topoğrafyası
	Biyomimikri Seviyesi	Ekosistem -Süreç
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Çatı(Yeşil Çatı)
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Yerel Bitki Örtüsü Kullanımı ✓ Enerji Tasarruflu Cam Cepheler ✓ Doğal Havalandırma ✓ Doğal Aydınlatma

4.3.5. Masdar City

Masdar City, Birleşik Arap Emirlikleri'nin Abu Dabi şehrinde yer alan ve sürdürülebilirlik odaklı olarak inşa edilen bir ekolojik şehir projesidir. 2008 yılında başlayan inşaatı, gelecekteki şehirlerin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla tamamen sürdürülebilir bir şekilde tasarlanmıştır. Şehirde, güneş enerjisi panelleri, rüzgâr enerjisi türbinleri ve enerji verimli yapılar ön plandadır. Yapılar, yüksek izolasyon özelliklerine sahip malzemelerle inşa edilmiştir, böylece iç mekanlarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Yaya trafiğini ön plana çıkaran dar sokaklar, gölgelendirilmiş alanlar ve sıcak iklimde doğal serinlik sağlayan bir planlamaya sahiptir. Bu, şehrin hem işlevsel hem de estetik açıdan sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır. (Sürdürülebilir Üretim, 2022)



Şekil 58. Masdar City Birleşik Arap Emirlikleri (Boyacıoğlu, 2017).

Masdar City, biyomimikri yaklaşımını şehrin tasarımında ve sürdürülebilirlik stratejilerinde benimsemiştir. Şehirdeki yapılar, geleneksel Arap mimarisinden ilham alınarak güneş ışığını en verimli şekilde kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, şehirdeki sokaklar, doğal rüzgâr akımlarını optimize ederek serinlik sağlamayı hedeflemektedir. Masdar City'nin tasarımında, doğadaki ekosistemlerin enerji akışını nasıl yönettiği ve kaynakları nasıl verimli kullandığı gözlemlenerek, sürdürülebilir şehir planlaması için biyomimikrik bir yaklaşım benimsenmiştir (Şekil 59). Bu şehir, karbon emisyonlarını minimize etme, su ve enerji tasarrufu sağlama gibi hedeflerle doğayla uyumlu bir yaşam alanı sunmayı amaçlamaktadır (Boyacıoğlu, 2017). Karbon nötr ve sıfır atık hedefiyle inşa edilen Masdar City, fosil yakıtlı araçların kullanımını tamamen ortadan kaldırarak yenilikçi bir ulaşım sistemi geliştirmiştir. Benzinli otomobillerin girmesinin yasak olduğu şehirde, ulaşım, güneş enerjisiyle çalışan araçlarla sağlanmaktadır. Masdar City, sokak seviyesindeki araç trafiğini tamamen kaldırarak, elektrikli ve otonom araçların kullanıldığı şehir olarak dikkat çekmektedir (Geyik, 2020)



Şekil 60. Masdar City’de Ulaşımı Sağlayan Kişisel Hızlı Taşıma Sistemi (Geyik, 2020)

Şehir içindeki ulaşım, şoförsüz ve elektrikli küçük kapsül araçlarla yapılmakta ve bu sistem, ulaşımı daha verimli ve çevre dostu hale getirmektedir. Ayrıca, elektrikli otobüsler ve diğer yenilenebilir enerjiyle çalışan toplu taşıma araçları şehir içindeki hareketliliği desteklemektedir (Şekil 61). Bunun yanında, şehir için özel olarak tasarlanan “kişisel hızlı taşıma sistemi,” elektrikli ve otomatik araçlarla enerji verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu sistem, kullanıcının araca binip varış noktasını seçmesiyle tamamen otonom bir şekilde hareket ederek, sürdürülebilir ve konforlu bir ulaşım çözümü sunmaktadır (Geyik, 2020).

Tablo 19. Masdar City' nin Özellikleri (Şimşek, 2025)

	Özellik	Açıklama
Mimarî Özellikler	Durum	Yapım Aşamasında
	Tasarım/Yapım Yılı	2008 - Devam Ediyor (Tahmini bitiş 2030)
	Konum	Abu Dhabi /Birleşik Arap Emirlikleri
	Mimar	Norman Foster
	İşlev	Karma Kullanım
	Yükseklik (m)	Veri Yok
	İklim	Sıcak Çöl İklim
Biyomimikri Özellikler	İlham Alınan Özellik	Doğal Sistemler
	Belirleyici Özelliği	Otonomi (Kendi Kendine İşlev Görme)
	Biyomimikri Seviyesi	Ekosistem -Fonksiyon
	Taklit Yöntemi	Problem Odaklı Yaklaşım
	Uygulama Alanı	Cephe Çatı Dış Kabuk
	Sürdürülebilirlik Özellikleri	✓ Enerji Yönetimi (Karbon Nötr) ✓ Atık Yönetimi (Sıfır Atık)

4.4. Biyomimikri Seviyesi Örneklerinin Değerlendirilmesi

Bu tez kapsamında ele alınan on beş biyomimikri temelli tasarım örneği, organizma, davranış ve ekosistem seviyeleri doğrultusunda analiz edilmiştir. Her bir seviyeye ait değerlendirmeler, çalışmanın sonunda Ek A, Ek B ve Ek C başlıkları altında detaylı tablolar hâlinde sunulmuştur. Bu ek tablolar, projelerin seviyelere göre sınıflandırılmasını, tasarım stratejilerinin karşılaştırılmasını ve belirli ölçütler çerçevesinde analiz edilmesini içermektedir. Bu karşılaştırmalar, ilgili her seviyede yer alan biyomimikri uygulamalarının incelenmesiyle yapılmıştır. Tablolar, her seviyeye ait örneklerin özelliklerini ve analizlerini detaylı bir şekilde sunmaktadır.

Örnek analizlerinde, biyomimikriye ilişkin üçüncü bölümde belirlenen parametreler esas alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bunlardan birincisi biyomimikri seviyeleri (organizma, davranış ve ekosistem), ikincisi taklit boyutları (form, malzeme, yapım, süreç ve fonksiyon) ve üçüncüsü tasarımda biyomimikriye yaklaşımlar (problem odaklı ve çözüm odaklı) şeklindedir. Örneklerin seçiminde belirli bir zaman periyoduna odaklanılmış, dünyadan farklı iklim bölgelerinden olması tercih edilmiştir. Yapıların ilham kaynaklarına yer verilerek, biyomimikri uygulamalarının yapı tasarımları üzerindeki etkileri ve sürdürülebilirliğe katkısı değerlendirme kapsamına alınmıştır.

- Ek-A: Organizma Seviyesine Göre Biyomimikri Tasarım Örneklerinin Değerlendirilmesi

- Ek-B: Davranış Seviyesine Göre Biyomimikri Tasarım Örneklerinin Değerlendirilmesi

- Ek-C: Ekosistem Seviyesine Göre Biyomimikri Tasarım Örneklerinin Değerlendirilmesi

Söz konusu değerlendirme tabloları, çalışmanın “Ekler” bölümünde sırasıyla Ek-A, Ek-B ve Ek-C başlıkları altında yer almaktadır.

SONUÇLAR

Biyomimikri, insanlık tarihi boyunca doğadan ilham alarak gelişen ve canlılar ile ekosistemlerden esinlenerek sürdürülebilir çözümler üretmeyi amaçlayan bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır. Doğadaki canlıların problem çözme yöntemleri, insanları doğayı araştırmaya ve bu çözümleri mimari ve tasarım süreçlerine entegre etmeye yönlendirmiştir. İlk insanlar barınma ihtiyaçlarını karşılamak için doğadan esinlenmeyi denemişlerdir. Ancak teknolojinin eksikliği nedeniyle yetersiz kalmış ve mimari alanda çoğunlukla strüktür ve cephe yönünde aktarım yapıldığı gözlemlenmiştir.

Biyomimikri yalnızca doğadaki görsel unsurların kopyalanmasıyla sınırlı kalmayıp, işlevsel özellikleri de mimariye aktararak problemlere çözüm sunan bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır. Biyomimikri ile mimarlık arasındaki ilişkinin, sürdürülebilir tasarım anlayışının temelini oluşturduğu belirlenmiş; doğadan ilham alınarak geliştirilen mimari çözümlerin, çevresel uyum ve estetik değerleri bir araya getirerek daha yaşanabilir yapılar ortaya koyduğu görülmüştür. Sonuç olarak, bu çalışmada biyomimikri seviyeleri açıklanmış, her seviyenin alt kategorileri örneklerle desteklenerek tablolar oluşturulmuştur. Biyomimikrinin organizma, davranış ve ekosistem seviyelerinde ele alındığı ve doğanın farklı organizasyon biçimlerinden ilham alarak daha verimli sistemlerin geliştirilmesine katkı sağladığı ortaya konmuştur.

Bu çalışmada biyomimikri tasarımının uygulanabilirliğine yönelik farklı yaklaşımlar ele alınmış ve incelenmiştir. Problem odaklı yaklaşımda doğadaki sorunlara çözüm geliştirme yöntemleri analiz edilirken, çözüm odaklı yaklaşımda ise doğada var olan özelliklerin insan tasarımına entegrasyonu üzerinde durulduğu belirlenmiştir. Analiz edilen on beş proje arasında dokuzu problem odaklı yaklaşımı benimsediği, altısının ise çözüm odaklı stratejilerle geliştirildiği tespit edilmiştir. Bu durum, mimarlık ve tasarım süreçlerinde doğadaki mevcut sorunları analiz ederek çözüm üretmeye yönelik bir eğilimin daha yaygın olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, biyomimikri seviyeleri organizma, davranış ve ekosistem olarak sınıflandırılmış ve her bir seviyenin doğadaki farklı işleyiş biçimlerinden ilham aldığı ortaya konmuştur. Organizma seviyesinin tek bir organizmanın yapısal ve işlevsel

özelliklerini, davranış seviyesinin organizmaların belirli bir ortama uyum sağlama stratejilerini, ekosistem seviyesinin ise doğanın döngüsel sistemleri ve sürdürülebilir süreçlerini temel aldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada incelenen on beş proje arasından 10'unun mevcut yapılar olduğu, ikisinin fikir projesi niteliği taşıdığı, ikisinin tamamlanmış ancak sonradan kaldırılmış olduğu ve bir yapının hâlâ inşa sürecinde olduğu sonucuna varılmıştır. Tablolardan elde edilen bilgiler doğrultusunda, biyomimikri seviyesine göre değerlendirildiğinde, organizma seviyesinde tasarım yaklaşımlarının ekosistem ve davranış seviyelerine göre daha fazla görüldüğü saptanmıştır. Bu durum, organizmaların doğal formlarını mimariye uyarlanması, ekosistem ve davranış seviyesine göre daha kolay olduğunu göstermektedir. Ekosistem seviyesi biyomimikri, yalnızca doğanın biçim ve işlevini taklit etmenin ötesine geçerek, tasarım sürecinde ekosistemlerin örnek alınarak çevre dostu çözümler geliştirilmesinin önemini vurgular. Bu seviyedeki biyomimikri yaklaşımı, sürdürülebilirliğe en büyük katkıyı sağlayan yaklaşımdır.

Seçilen biyomimikri yapı örnekleri yüksekliklerine ve cephe geometrilerine bakarak değerlendirildiğinde, farklı ölçeklere sahip oldukları görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında bina yüksekliği ve cephe geometrisi biyomimikri tasarımında herhangi bir sınırlama oluşturmamaktadır. Biyomimikri yapıların yükseklikleri incelendiğinde, yapıların yüksekliklerinin 3 m ile 180 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu yapıların arasında, en yüksek yapıyı 180 m ile Gherkin Tower oluştururken, en düşük yüksekliğe sahip yapı ise 3 m ile Achim Menges, Oliver David Krieg ve Steffen Reichert tarafından tasarlanan HygroSkin'dir. Bu bağlamda biyomimikri yapıların çeşitliliğini ve farklı tasarım anlayışlarının, yapıların fonksiyonel gereksinimlerine ve çevresel koşullara nasıl adapte olduğunu göstermektedir. İncelenen projelerin uygulama bölgelerine bakıldığında, belirli bir coğrafi bölgeyle sınırlı olmadıkları görülmektedir. Bu durum, biyomimikri yaklaşımının farklı iklim ve coğrafyalarda uygulanabildiğini göstermektedir. Sonuç olarak, İncelenen on beş farklı biyomimikri örneğinde, doğadan esinlenerek sürdürülebilir çözümler uygulanmış ve bu sayede projelerin özgün değeri arttırılmıştır. Değerlendirilen projelerden elde edilen veriler doğrultusunda, biyomimikri uygulamalarının yapı tasarımında organizma, davranış ve ekosistem seviyelerinde çeşitli katkılar sağladığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Achim Menges. (2013). HygroSkin: Meteorosensitive Pavilion. Retrieved March 14, 2025, from <http://www.achimmenges.net/?p=5612>
- Agboola, O.P., Nia, H.A., Findikgil, M.M. & Yildirim, S.G. (2024). Assessing the effectiveness of biophilic design approach in contribution to sustainable architectural goals. *New Design Ideas*, 8(Special Issue), 144-169 <https://doi.org/10.62476/ndisi144>
- Akgöze, F. (2015). Biyomimikri: Doğanın Tasarımı. Sherpa Blog Bülten. Erişim adresi: <https://medium.com/sherpa-blog-bulten/biyomimikri-do%C4%9Fan%C4%B1n-tasar%C4%B1m%C4%B1-18e89673b445>
- Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C., & Zumbrunnen, C. (2003). Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience*, 53(12), 1169-1179.
- Al-Kharabsheh, B. (2021). Qatar National Convention Centre (QNCC), Qatar: Location, Architect, Completed, Category, Area, Capacity. Scribd. Erişim adresi: <https://www.scribd.com/presentation/519062489/case-3>
- ArchDaily. (2008). California Academy of Sciences / Renzo Piano Building Workshop + Stantec Architecture. Retrieved March 16, 2025, from <https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>
- Arhon, Z. (2017). Biyomimikri: Sürdürülebilirlik için doğadan gelen inovasyon. Erişim adresi: <https://www.calik.com/Home/DownloadMagazine?id=8038>
- Arkitektuel. (2019, Haziran 19). Kaliforniya Bilim Akademisi Müzesi / Renzo Piano. Retrieved March 16, 2025, from <https://www.arkitektuel.com/kaliforniya-bilim-akademisi-muzesi/>
- Arnfield, A. J. (2025, March 24). Köppen climate classification: World distribution of major climatic types. *Encyclopaedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification/World-distribution-of-major-climatic-types>
- Arslan Selçuk, S. (2009). Proposal for a non-dimensional parametric interface design in architecture: a biomimetic approach, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, Ankara, 171.
- Arslan Selçuk, S., Gülle, N. B., & Mutlu Avinç, G. (2022). Tree-like structures in architecture: Revisiting Frei Otto's branching columns through parametric tools. *Sage Open*, 12(3), 1–22. <https://doi.org/10.1177/21582440221119479>
- Arslan, S., & Sorguc, A. G. (2004). Similarities between structures in nature and man-made structures: biomimesis in architecture. *Design and nature*, 2, 45-54.

- Atasoy, E. (2005). *Çevre İçin Eğitim: İlköğretim Öğrencilerinin Çevresel Tutum ve Çevre Bilgisi Üzerine Bir Çalışma* (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Aydın, S. (2017). *İletişim yaklaşımıyla sürdürülebilirlik kavramı, yeşil kavramı ve yerel-küresel yansımaları ile ilgili bir inceleme örneği* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın Yazıcıoğlu, B. (2020). *Yapı Kabuklarının Termoregülasyonu: Biyomimetik Bir Yaklaşım* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 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(1), 707-714. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.10.015>
- Banger, G. (2016). Biyomimikri ya da Biyomimetik, *Biyoteknoloji & Yaşam Bilimleri Gazetesi*, 12.
- Baumeister, D., & Tocke, R. (2014). Biomimicry resource handbook: A seed bank of best practices. Biomimicry 3.8. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130004954718663680>
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature* (Vol. 688136915). New York: Morrow.
- Bilmen, M. M. (2019). *Mimarlıkta Biyomimikri Kavramı Antoni Gaudi ve Michael Pawlyn Eserlerinin İncelenmesi 21. yy'a Yansıması* (Yüksek lisans tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Boyacıoğlu, C. (2017). *Mimarlıkta Çevreci Yaklaşımların Antroposen Kavramı Bağlamında Tartışılması* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Callebaut, V. (2011). *Coral Reef: Matrix and plug-in for the construction of 1000 prefabricated passive houses*. Vincent Callebaut Architectures. https://vincent.callebaut.org/object/110211_coral/coral/projects
- Collingwood, R.G. (1999). Doğa tasarımı (Çeviren: Dinçer, K.), *Ankara, İmge Kitapevi Yayınları*, 12-16.
- Contreras, G. S., Lezcano, R. A. G., Fernández, E. J. L., Concepción, M., & Gutiérrez, P. (2023). Architecture learns from Nature. The influence of biomimicry and biophilic design in building. *Modern Applied Science*, 17(1), 58-68. <https://doi.org/10.5539/mas.v17n1p58>
- Crolla, K. (2017). Building indeterminacy modelling—the ‘ZCB Bamboo Pavilion’ as a case study on nonstandard construction from natural materials. *Visualization in Engineering*, 5(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40327-017-0051-4>

- Çitken, G. K., & Yamaçlı, R. (2023). Kinetik Bina Kabuklarının Estetik Olgusu Bağlamında İncelenmesi: Calatrava Yapıları. *International Journal of Mardin Studies*, 4(2), 64-79.
- Das, S., Shanmugam, N., Kumar, A., & Jose, S. (2017). Potential of biomimicry in the field of textile technology. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, 6(4), 224-235. <https://doi.org/10.1680/jbibn.16.00048>
- Desonie, D. (2008). *Humans and the natural environment: The future of our planet*. Infobase Publishing.
- Divarcı, B. (2016). *Endüstriyel Tasarımda Biyonik Dokunuş*. Erişim adresi: <https://knowgeee.blogspot.com/2016/07/endustriyel-tasarmda-biyonik-dokunus.html>
- Eggermont, M. (2007). Biomimetics as Problem-Solving, Creativity and Innovation Tool. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEAA)*. file:///C:/Users/User0/Downloads/admin,+Journal+manager,+72.pdf
- El-Zeiny, R. M. A. (2012). Biomimicry as a problem solving methodology in interior architecture. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 50, 502-512.
- Erdem, A. K. (2017). *Doğadaki örgütlenme mantığından ilham alarak mekansal örgütlenmede kullanılabilecek üretken modüler sistem önerisi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erden, Z. D. (2011). Mühendislikte evrim: Biyomühendislik ve biyomimikri, evrimsel biyolojiyi nasıl kullanıyor, ona nasıl katkı sunuyor? *Evrimsel Ağacı*. <https://evrimagaci.org/muhendislikte-evrim-biyomuhendislik-ve-biyomimikri-evrimsel-biyolojiyi-nasil-kullaniyor-ona-nasil-katki-sunuyor-4>
- Errico, M. G. (2019). Le azioni intraprese da alcune città virtuose: Come è possibile intervenire attraverso la creazione di nuovi sistemi paesaggistico-ambientali e di sistemi che sostituiscano i combustibili fossili. *Acer*, 82, 82-85. file:///C:/Users/User0/Downloads/Le_azioni_intraprese_da_alcune_citta_vir.pdf
- Erşahin, E., & Çetiner, İ. (2021). Biyomimikriyi anlamak. 7. *Uluslararası Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı*, 1–10. https://www.researchgate.net/profile/Esra_Ersahin/publication/358958790_Biyomimikriyi_Anlamak/links/621f55b139529602315afe8a/Biyomimikriyi-Anlamak.pdf
- Eryılmaz, H. (2015). Biyomimikri ve Ergonomi: Tasarımda Doğadan Yenilikçi İlham. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 469-474.
- Esencan, M. (2024, Kasım). Biyomimikri (Biyotaklit): Doğadan öğrenerek sorun çözmek. *Bilim ve Teknik*, 58(1220), 24-28.

- Feuerstein, G. (2002). *Biomorphic architecture: Human and animal forms in architecture*. Edition Axel Menge.
- Fox, M. (Ed.). (2016). *Interactive architecture: adaptive world*. Chronicle Books.
- Freiberger, M. (2007). Perfect Buildings: The Maths of Modern Architecture. *Plus Magazine*, 42, 1-8.
- Geiger, M. (1985). *Estetik Anlayış* (T. Mengüsoğlu, Çev.). Remzi Kitabevi, İstanbul.
- Geyik, N. E. (2020). Tamamen yenilenebilir ilk güneş enerjili yapı örnekleri: Masdar şehri ve Masdar Bilim ve Teknoloji Enstitüsü Kampüsü. *Modular Journal*. 3(2),163-178.
- Guild, B. (2007). Innovation inspired by nature work book. *Biomimicry Guild*.
- Güler, B. (2000). *Mimari-doğa ilişkisi ve doğayla uyumlu mimari tasarım yaklaşımları üzerine bir inceleme* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Günaydın, C. (2019). *A Model To Interpret Bio-Inspired Design And Its Impact On Design Curricula* (Master's thesis). Izmir Institute of Technology, İzmir.
- Gündoğdu, E., & Arslan, H. D. (2019). Yapı Kabuğu Tasarımında Biyomimesis Kullanımının Örnekler Üzerinden Değerlendirilmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(4), 159-168.
- Güven, S. (1990). Mimarlık Üzerine On Kitap-Vitruvius. *Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayını*, (2), 131-132.
- Hammond, V. (2024). Utilizing Biomimicry to Design Sustainable Architecture. *Architecture Undergraduate Honors Theses Retrieved from* <https://scholarworks.uark.edu/archuht/71>
- Harmankaya, H. H. (2022). *Doğadan ilham alan mimari: Rejeneratif (yenileyici) tasarım potansiyeli* (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir.
- Hy-Fi. (2017, July 12). Hy-Fi. UrbanNext. Erişim adresi: <https://urbannext.net/hy-fi/>
- Imani, M. (2017). Bio-inspired design approach analysis: A case study of Antoni Gaudi and Santiago Calatrava. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Architectural and Environmental Engineering*, 11(8), 1152-1162.
- İleritürk, İ. (2016). *Mimarlık eğitiminde doğa ile ilişki bağlamında biyomimikri* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İnner, S. (2019). *Biyomimikri Ve Parametrik Tasarım İlişkisinin Mimari Alanında Kullanımı Ve Gelişimi*. *Tasarım Enformatiği*, 1(1), 15-29.

- Kahn, P. H. (1999). *The Human Relationship With Nature: Development and Culture*. MIT Press.
- Karabetça, A. R. (2015). Doğadan esinlenmiş tasarımlar: Tasarım stratejisi olarak biyomimikri. 4. *Ulusal İç Mimarlık Sempozyumu: Mekan Tasarımında Disiplinlerarası Yaklaşımlar*, 101-113. İstanbul, Türkiye.
- Karakoc, A. F. (2022). *Geleneksel mimarlık ve biomimetik tasarım yaklaşımlarının iklime uygunluk ve sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Kavuran, T. (2003). Sanat ve bilim’de gerçek kavramı. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(15), 225-237.
- Kennedy, E., Fecheyr-Lippens, D., Hsiung, B. K., Niewiarowski, P. H., & Kolodziej, M. (2015). Biomimicry: A path to sustainable innovation. *Design Issues*, 31(3), 66-73. https://doi.org/10.1162/DESI_a_00339
- Kımillı, Z. M. (2006). *Depreme duyarlı bölgelerde sürdürülebilir mimari tasarım: Isparta / Mavikent örneği* (Yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Knippers, J., Nickel, K. G., & Speck, T. (2016). *Biomimetic research for architecture and building construction*. Springer International Publishing, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46374-2>
- Korkmaz, S. (2022). *Biyometik tasarım örnekleri üzerinden biçimsel taklidin değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Krieg, O. D., Christian, Z., Correa, D., Menges, A., Reichert, S., Rinderspacher, K., Schwinn, T., Gramazio, F., Kohler, M., & Langenberg, S. (2017). Hygroskin: Meteorosensitive pavilion. In *Fabricate 2014: Negotiating design & making*, 272–279. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1tp3c5w.37>
- Kuban, D. (2014). *Mimarlık Kavramları*. Yem Yayını, İstanbul.
- Kuday, I. (2009). *Tasarım sürecini destekleyici faktör olarak biyomimikri kavramının incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuhlman, T., & Farrington, J. (2010). What is sustainability? *Sustainability*, 2 (11), 3436-3448.
- Lewis, J. J., Nikolov, S. G., Loza, A., Canga, E. F., Cvejic, N., Li, J., ... & Smith, M. I. (2006). The Eden Project multi-sensor data set. *The Online Resource for Research in Image Fusion* (ImageFusion. org).
- Lodato, F. (2005). The Nature of Design. *Design Management Review*, 16(1).

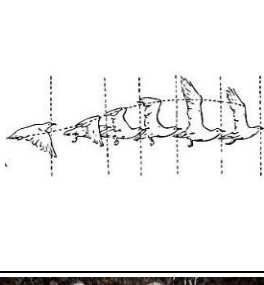
- Maglic, M. J. (2012). Biomimicry: Using nature as a model for design (Master's thesis). University of Massachusetts Amherst.
- Masmas, Z., & İmert, H. (2025). Ofis Yapılarında Biyomimetik Tabanlı Uyarlanabilir Cephelelerin İncelenmesi. *İnsanat Sanat Tasarım ve Mimarlık Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 547-571.
- Mazzoleni, I. (2013). *Architecture follows nature-biomimetic principles for innovative design*. Crc Press. Boca Raton, FL.
- McLennan, J. F. (2004). *The philosophy of sustainable design: The future of architecture*. Ecotone publishing.
- Mehta, A., Thakur, A., & Atha, C. (2019). Case Study on Beijing National Stadium: Bird Nest Olympic Stadium. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 6(3), 3161-3163.
- Meinhold, B. (2010). *Calatrava's soaring pavilion spreads its wings to create shade*. Inhabitat. <https://inhabitat.com/amazing-calatrava-shade-pavilion-for-the-milwaukee-art-museum/1-photo-timothy-hursley/>
- Melvin, J., & Şahin, M. (2007). *İzmler: Mimarlığı anlamak*. Yem Yayın, İstanbul.
- Merin, G. (2013). *AD Classics: The Crystal Palace / Joseph Paxton*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton>
- Mesa, F., Bernal, A., Restrepo, C., & Restrepo, P. (2007). Orquideorama: Medellín, Colombia. *ARQ*, (67), 74-77.
- 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*, 257-267. <http://repository.corp.at/id/eprint/521>
- Othmani, N. I., Yunos, M. Y. M., Ismail, N. A., & Rahman, K. A. A. A. (2018). Review on biomimicry levels. *American Journal of Humanities and Social Sciences Research (AJHSSR)*, 2, 55-58.
- Ölgen, B. (2020). Mimari tasarım eğitiminde biyomimikri ve form ilişkisinin kullanımı üzerine bir literatür incelemesi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 539-551.
- Özel, B. (2023). *A framework for impacts of bioarchitecture on social sustainability: Existing situation and possibilities* (Master's thesis). Izmir University of Economics, Izmir.
- Özen, G. (2016). *Doğa referanslı tasarım: Biyomimikri* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Pohlmann Lawrence D., (2014), Architecture Follows Nature, *INSIGHT*, 17
<https://doi.org/10.1002/inst.201417464>
- Polat, Z. R. (2023). *Mimari tasarımda doğadan ilham alan strateji: Biomimikri ve kinetik mimarlık yaklaşımlarının ara kesitinde iklime duyarlı çalışmaların incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yozgat Bozok Üniversitesi, Yüksek Lisans Eğitim Enstitüsü, Yozgat.
- Ponting, C. (2007). *A new green history of the world: the environment and the collapse of great civilizations*. Random House.
- Primeau, C. (2015, January 5). A glasshouse of collected stories. *Plant Talk: Inside The New York Botanical Garden*. <https://www.nybg.org/blogs/plant-talk/2015/01/horticulture-2/a-glasshouse-of-collected-stories/>
- Radwan, G. A., & Osama, N. (2016). Biomimicry, an approach, for energy efficient building skin design. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 178-189.
- Roth, L. M. (2014). Mimarlığın Öyküsü Ögeleri. *Tarihi ve Anlamı*, (E. Akça çev.) *Kabalıcı Yayıncılık*, İstanbul.
- Russo, A., & Cirella, G. T. (2018). Modern compact cities: how much greenery do we need?. *International journal of environmental research and public health*, 15(10), 2180.
- Sandak, A., Sandak, J., Brzezicki, M., & Kutnar, A. (2019). *Bio-based building skin*, 183. Springer Nature, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3747-5>
- Sandzén, S. C. IV. (2015). *Biomimicry as design lens for landscape architecture* (Master's thesis). The University of Georgia, Athens, Georgia.
- Selçuk, S. A., & Sorguç, A. G. (2007). Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(2), 451-459.
- Sergeev, A. (2014). Travel photography and digital pictures: 20/1388-Front side of National Convention Centre (QNCC), with Sidra Tree metal structures supporting the roof. Doha, Qatar. <https://www.asergeev.com/pictures/archives/compress/2014/1388/20.htm>
- Shen, Y. (2009). *Green Design and the City Buildings: The Gherkin*, London.
- Shen, Y., Yang, P., Zhang, P., Luo, Y., Mei, Y., Cheng, H., ... & Zhong, Z. (2013). Development of a multitype wireless sensor network for the large-scale structure of the national stadium in China. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 9(12), 709724.
- Söğüt, M. A., & Aytar Sever, İ. (2019). Tasarımda doğa etkisi biomimikri. *Uluslararası Sanat ve Estetik Dergisi*, 2(3), 1-10.

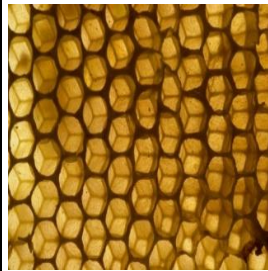
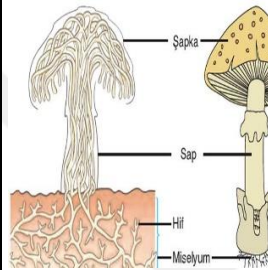
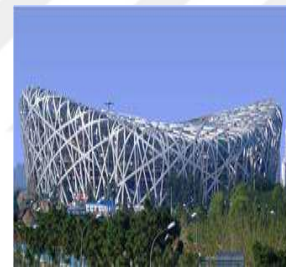
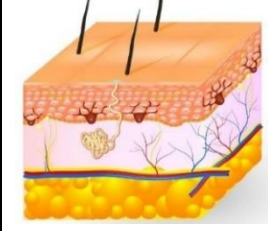
- Sürdürülebilir Üretim. (2022). *Baştan sona sürdürülebilir bir kent: Masdar City*. Sürdürülebilir Üretim. <https://www.surdurulebiliruretim.com/bastan-sona-surdurulebilir-bir-kent-masdar-city/>
- Temurtaş, T., & Arpacıoğlu, Ü. T. (2024, Mayıs). *Biyomimikri aracılığıyla enerji etkin yapı tasarımı: Doğal aydınlatma temalı yapı tasarım önerisinin incelenmesi*. 4. Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi, İstanbul.
- Turner, J. S., & Soar, R. C. (2008, May). Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building. In *First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction at Loughborough University*, 1-18.
- Türk Dil Kurumu. (2019). *Doğa*. Türkçe sözlük. <https://sozluk.gov.tr/>
- Türk, Z. B. (2018). *Sürdürülebilir mimarlık için doğadan öğrenilen yaklaşımlar: Doğa esinli fikirlerin bina kabuğuna etkisi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- (URL-1), <https://www.linkedin.com/pulse/common-ground-between-leaves-solar-panels-redsun-newenergy/>
- (URL-2), <https://www.piyon.co/sayi-7/biyomimikri-malzeme-teknolojileri/>
- (URL-3), <https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/kien-truc-ben-vung-hay-hoc-hoi-tu-tu-nhien.html>
- (URL-4), https://www.turgutalton.com/yapilar.php?yapi_id=165&ref=selected
- (URL-5), <https://myverduracare.com/blogs/news/the-majestic-sidra-tree-a-natural-wonder>
- (URL-6), <https://www.destekcizim.com/referanslar/convention-centre-qatar/>
- (URL-7), https://www.archdaily.com/800173/zcb-bamboo-pavilion-the-chinese-university-of-hong-kong-school-of-architecture?ad_medium=gallery
- (URL-8), <https://www.grownwallpaper.com/doga>
- (URL-9), https://www.archdaily.com/800173/zcb-bamboo-pavilion-the-chinese-university-of-hong-kong-school-of-architecture?ad_medium=gallery
- (URL-10), <https://en.wikipedia.org/wiki/File:ReimanBridge.jpg>
- (URL-11), <https://www.freeimages.com/clipart/bird-flight-clip-art-5342743>
- (URL-12), https://experience.arcgis.com/experience/c1a73e2a5e054e54bc35a53a01015ec8/page/Ana-Sayfa/?views=view_31
- (URL-13), https://www.archdaily.com/832/orquideorama-plan-b-architects-jprcr-architects?ad_medium=gallery

- (URL-14), <https://www.vuvu.com.tr/blogs/2018/deri%CC%87ni%CC%87n-fonksi%CC%87yonlari>
- (URL-15), <https://www.novatr.com/blog/biomimetic-design-in-architecture>
- (URL-16), https://tr.wikipedia.org/wiki/Sabun_k%C3%B6p%C3%BC%C4%9F%C3%B6C
- (Url-17), https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Uderwater_Paradise.jpg
- Us, F. (2002). *Wright mimarlığı – doğa ilişkisi* (Yüksek lisans tezi). Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uslusoy Şenyurt, S., & Altın, M. (2014). Enerji Etkin Tasarımın Çatı ve Cephelere Yansıması. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Vierra, S. (2011). Biomimicry: Designing to model nature. *Whole Build. Des. Guide*, 1-10. <https://www.wbdg.org/resources/biomimicry-designing-model-nature>.
- Vincent, J.F.V., Bogatyreva, O., Pahl, A.-K., Bogatyrev, N. and Bowyer, A. (2005), Putting Biology into TRIZ: A Database of Biological Effects. *Creativity and Innovation Management*, 14: 66-72. <https://doi.org/10.1111/j.1476-8691.2005.00326.x>
- Webb, S. (2005). The Integrated Design Process of CH₂. *Environment Design Guide*, 1-10.
- Worsley, G. (2007). *Inigo Jones and the European classicist tradition*. Paul Mellon Centre.
- Yazıcıoğlu, B. A., & Selçuk, S. A. (2019). Yapı kabuklarının termoregülasyonu: Biyomimetik bir yaklaşım. *SETSCI Konferans Bildirileri*, 7, 323–328.3. Uluslararası Bilimsel Çalışmalarda Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu, Ankara.
- Zari, M. P. (2007). *Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability*, 033. SB07 New Zealand, School of Architecture, Victoria University, New Zealand.

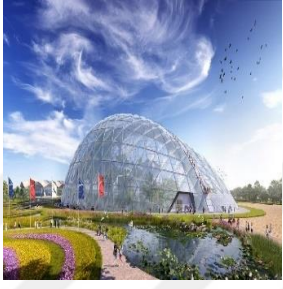
EKLER

Yapı Adı		İlham Kaynağı	Yapı Örneği	Mevcut Durumu	Yılı Ve Konumu	İklim	İşlevi	Biyomimikri Seviyesi ve Alt Boyutu	Taklit Yöntemi	Açıklama	Sürdürülebilirlik Katkısı
1	Katar Ulusal Kongre Merkezi			Mevcut Yapı	2011 - Katar	Sıcak Çöl İklim	Kongre Merkezi	Organizma/Form	Çözüm Odaklı Yaklaşım	Yerel bir bitki türü olan Sidra ağacının gövde yapısı, dış saçak tasarımında daha az düşey taşıyıcı eleman kullanımı için ilham vermiştir.	✓ Enerji Verimliliği ✓ Su Yönetimi ✓ Doğal Kaynak Kullanımı
2	ZCB Bambu Pavyon			Mevcut Yapı	2015 - Hong Kong	Nemli Subtropikal İklim	Pavyon	Organizma /Malzeme	Çözüm Odaklı Yaklaşım	Bambu bitkisinin doğal yapısı, pavyon strüktüründe ana malzeme olarak bambunun tercih edilmesine ilham vermiştir.	✓ Doğal Kaynak Kullanımı
3	Milwaukee Sanat Merkezi			Mevcut Yapı	2001 - ABD	Nemli Karasal İklim	Müze	Organizma /Yapım	Çözüm Odaklı Yaklaşım	Kuşun havalanma sürecinden ilham alınarak çelik elemanlarla oluşturulan dayanıklı ve hafif bir tasarım sunmuştur.	✓ Strüktür ✓ Güneş Kontrolü ✓ Rüzgâr Kontrolü
4	Gherkin Tower			Mevcut Yapı	2003 - Londra	Ilıman Okyanus İklim	Ofis	Organizma/ Süreç	Problem Odaklı Yaklaşım	Venus çiçeği cam süngerinden ilham alarak, katlarını daha fazla ışık almak için belirli açılarla yerleştirerek enerji verimliliğini arttırmıştır.	✓ İç Ortam Aydınlatma ✓ İç Ortam Havalandırma
5	Supertress Grove			Mevcut Yapı	2012 - Singapur	Tropikal Yağmur İklim	Botanik Bahçesi	Organizma/Fonksiyon	Problem Odaklı Yaklaşım	Ağaçların fotosentez mekanizması, dikey bahçeler, su depolama, hava akışı, fotovoltaik sistemler ve güneş enerjisi için ilham olmuştur.	✓ Tasarım ✓ Güneş Kontrolü ✓ Rüzgâr Kontrolü ✓ Su Yönetimi

Çizelge EK-A. Organizma Seviyesine Göre Biyomimikri Tasarım Örneklerinin Değerlendirilmesi (Şimşek, 2025)

Yapı Adı		İlham Kaynağı	Yapı Örneği	Mevcut Durumu	Yılı Ve Konumu	İklim	İşlevi	Biyomimikri Seviyesi Ve Alt Boyutu	Taklit Yöntemi	Açıklama	Sürdürülebilirlik Katkısı
6	Orquideorama			Mevcut Yapı	2006 - Medellin	Tropikal Muson İklim	Botanik Bahçesi	Davranış/Form	Çözüm Odaklı Yaklaşım	Bal peteğinin altıgen geometrisi tasarım formunun belirlenmesi konusunda ilham kaynağı olmuştur.	✓ Enerji Verimliliği ✓ Estetik
7	Hy-Fi Tower			Kaldırılmış Yapı	2014 - NewYork	Nemli Karasal İklim	Pavyon	Davranış /Malzeme	Çözüm Odaklı Yaklaşım	Mantarın organik yapısı, karbon döngüsüne katkı sağlayan biyotuğlaların tasarımına ilham olmuştur.	✓ Enerji Verimliliği ✓ Sıfır Karbon
8	Pekin Ulusal Stadyumu			Mevcut Yapı	2008 - Pekin	Sıcak Yazlı Nemli Karasal İklim	Stadyum	Davranış /Yapım	Problem Odaklı Yaklaşım	Kuş yuvasından ilham alınarak çelik elemanlarla oluşturulan dayanıklı ve hafif bir tasarım sunmuştur.	✓ Strüktür
9	HygroSkin			Kaldırılmış Yapı	2013 - Fransa	Ilıman Okyanus İklim	Pavyon	Davranış / Süreç	Problem Odaklı Yaklaşım	Kozalakların neme bağlı açılıp kapanma özelliğinden ilham alarak tasarlanmış, bağıl nem değişimine duyarlı adaptif bir cephe sistemidir.	✓ İç Ortam Aydınlatma ✓ Enerji Verimliliği ✓ İklimlendirme
10	City Council House 2			Mevcut Yapı	2006 - Avustralya	Ilıman Okyanus İklim	Ofis Binası	Davranış/ Fonksiyon	Problem Odaklı Yaklaşım	Memeli derisinin solunum mekanizması, sıcaklık farkını yönetip iç mekânı soğutmak için kullanılan aktif cephe tasarımına ilham olmuştur.	✓ Havalandırma

Çizelge EK-B. Davranış Seviyesine Göre Biyomimikri Tasarım Örneklerinin Değerlendirilmesi (Şimşek, 2025)

Yapı Adı		İlham Kaynağı	Yapı Örneği	Mevcut Durumu	Yılı Ve Konumu	İklim	İşlevi	Biyomimikri Seviyesi Ve Alt Boyutu	Taklit Yöntemi	Açıklama	Sürdürülebilirlik Katkısı
11	Zira Adası	Görsel veri yok.		Fikir Projesi	2009 - Azerbaycan	Sıcak Steppler iklim	Karma Kullanım	Ekosistem/Form	Problem Odaklı Yaklaşım	Doğal kaynakları verimli kullanarak enerji üretimi ve su geri dönüşümünü sağlayan sürdürülebilir bir kent tasarımıdır.	✓ Güneş Kontrolü ✓ Rüzgâr Kontrolü ✓ Su Yönetimi ✓ Atık Yönetimi ✓ Enerji Yönetimi
12	The Eden			Mevcut Yapı	2000 - İngiltere	Ilıman Okyanus İklim	Botanik Bahçesi	Ekosistem /Malzeme	Problem Odaklı Yaklaşım	Doğal süreçlerdeki maddeler, yeni süreçlerde hammadde olarak kullanılır. Bu ilke, biyomlarda iki ekosistem ve ETFE malzeme kullanımına ilham vermiştir.	✓ Güneş Kontrolü ✓ Rüzgâr Kontrolü ✓ Su Yönetimi
13	Coral Reef Projei			Fikir Projesi	2011 - Haiti	Ekvatorial Yağmur İklim	Karma Kullanım	Ekosistem /Yapım	Çözüm Odaklı Yaklaşım	Mercan kayaları, birbirlerine eklenip büyüyebilir. Bu özellik, binaların da ihtiyaç duyulduğunda yeni bölümler eklenerek büyüyebilmesini sağlar.	✓Tasarım (Esnek Tasarım)
14	Kaliforniya Bilim Akademisi	Görsel veri yok.		Mevcut Yapı	2008 - Kaliforniya	Ilıman Akdeniz İklim	Müze	Ekosistem / Süreç	Problem Odaklı Yaklaşım	Doğadaki yeşil çatı ve ekosistem düzeninden ilham alarak sürdürülebilir tasarımını geliştirmiştir.	✓ Yerel Bitki Örtüsü ✓ Doğal Havalandırma ✓ Doğal Aydınlatma ✓ Enerji Tasarruflu
15	Masdar City	Görsel veri yok.		İnşa Halinde	2008 - Abu Dabi	Sıcak Çöl İklim	Karma Kullanım	Ekosistem/ Fonksiyon	Problem Odaklı Yaklaşım	Karbon nötr ve sıfır atık hedefleriyle, geleneksel Arap mimarisini modern teknolojilerle birleştirerek öz-yeterliliği amaçlamıştır.	✓ Enerji Yönetimi (Karbon Nötr) ✓ Atık Yönetimi(Sıfır Atık) ✓ Ulaşım Sistemi

Çizelge EK-C. Ekosistem Seviyesine Göre Biyomimikri Tasarım Örneklerinin Değerlendirilmesi (Şimşek, 2025)

