



**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

BİYOMİMİKİRİ VE MODERN MİMARİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan

Burak ENDER

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ

Şubat, 2022

**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

BİYOMİMİKİRİ VE MODERN MİMARİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
Burak ENDER**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ**

Şubat, 2022

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

MİMARLIK Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı Öğrencisi BURAK ENDER tarafından hazırlanan **“BİYOMİMİKRI VE MODERN MİMARİ”** konulu çalışması jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 10.02.2022

Jüri Üyesinin Ünvanı, Adı, Soyadı ve Kurumu:

İmzası

Jüri Üyesi : Dr. Öğr.Üyesi JÜLİDE EDİRNE ERDİNÇ
HALİÇ ÜNİVERSİTESİ

Jüri Üyesi : Doç.Dr. SALİH SALBACAK
FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ

Jüri Üyesi : Dr. Öğr.Üyesi EDA SELÇUK
HALİÇ ÜNİVERSİTESİ

Bu tez yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun kararıyla kabul edilmiştir.

(Enstitü Müdürünün Ünvanı, Adı, Soyadı)
Vekil Müdür

Doküman Görüntüleyici

Turnitin Orijinallik Raporu

İşleme konu: 29-Ara-2021 08:28 +03
 NUMARA: 1736210606
 Kelime Sayısı: 36424
 Gönderildi: 1

kontroltez- BİYOMİMİKİRİ VE MODERN MİMARİ
 Burak Ender tarafından

Benzerlik Endeksi
%13

Kaynağa göre Benzerlik

İnternet Sources: %13
 Yayınlar: %9
 Öğrenci Ödevleri: N/A

[alıntılar çıkar](#) [bibliyografyayı çıkar](#) [5 kelime > çıkarılan eşleşmeler](#)

mod: [raporu hızlı görüntüle \(klasik\)](#)

Change mode [yazdır](#) [yenile](#) [İndir](#)

1% match (26-Haz-2019 tarihli internet)

<http://etd.lib.metu.edu.tr>

1% match ()

[Gamage, Arosha Uppala. "Exploring a Biomimicry Approach to Enhance Ecological Sustainability in Architecture", Faculty of Architecture, Design and Planning, 2015](#)

<1% match (15-Tem-2021 tarihli internet)

<http://etd.lib.metu.edu.tr>

<1% match (09-Ara-2015 tarihli internet)

<http://etd.lib.metu.edu.tr>

<1% match (20-Kas-2017 tarihli internet)

<http://etd.lib.metu.edu.tr>

<1% match (20-Kas-2017 tarihli internet)

<http://etd.lib.metu.edu.tr>

<1% match ()

[Reap, John J. "Holistic biomimicry: a biologically inspired approach to environmentally benign engineering", Georgia Institute of Technology, 2009](#)

<1% match ()

[Quedraogo, Lala. "Orpailage artisanal et développement rural", Bibliotheque de l' Universite Laval, 2019](#)

<1% match (25-Tem-2016 tarihli internet)

<http://link.springer.com>

<1% match (25-Kas-2021 tarihli internet)

https://link.springer.com/article/10.1007/s11084-021-09608-1?code=3f8e16e4-11db-4c4e-b96b-a397105fd02a&error=cookies_not_supported

<1% match (13-Kas-2021 tarihli internet)

https://link.springer.com/article/10.1057/s41262-020-00222-6?code=ea63086d-b71b-491f-a9c1-d9b1db19379c&error=cookies_not_supported

<1% match (26-Eki-2021 tarihli internet)

https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-021-09689-z?code=489c6fc9-e2d4-4e48-8c23-f1bc61e89acb&error=cookies_not_supported

<1% match (04-Ara-2018 tarihli internet)

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-81-322-1050-4.pdf>

<1% match (03-Eyl-2020 tarihli internet)

<https://openaccess.iyte.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11147/9643/10168949.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

<1% match (04-Kas-2021 tarihli internet)

<http://openaccess.artvin.edu.tr>

<1% match (09-Tem-2017 tarihli internet)

<http://polen.itu.edu.tr>

<1% match (07-May-2019 tarihli internet)

<https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/708/1/11386.pdf>

<1% match (07-May-2019 tarihli internet)

<https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/733/1/14440.pdf>

<1% match (09-Tem-2017 tarihli internet)

<http://polen.itu.edu.tr>

<1% match (07-May-2019 tarihli internet)

<https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/2265/1/12330.pdf>

<1% match (06-Ağu-2017 tarihli internet)

<http://polen.itu.edu.tr>

<1% match (17-Eyl-2009 tarihli internet)

<http://www.cmsl.co.nz>

<1% match ()

[Alsharafi, Amatalraof Abdullah Abdulwahed. "Biomimetics for passive air conditioned design for buildings in the hot arid regions", 2019](#)

10/02/2022

TEZ ETİK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Biyomimikri Ve Modern Mimari” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ ‘in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Burak ENDER

ÖNSÖZ

Geçmişten günümüze gerçekleşen tüm devrimlerde biyomimikrinin ayrı düşünülemeyeceği görülmektedir. Çünkü biyomimikri için doğadan esinlenme söz konusudur . Doğada var olan canlıların ve sistemlerin insan yaşamında birçok alan içerisinde biyomimikri ile meydana getirilmeye çalışması sürdürülebilirliği işaret etmektedir. Hazırlamış olduğum tez çalışmamda dünyada gerçekleşen devrimlerin biyomimikrinin oluşumunda özellikle biyomimikri ve mimarlık alanındaki varlığını değerlendirdiğim bu süreçte değerli danışmanım ve Mimarlık Bölüm Başkanımız olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ'e, eğitimim boyunca hep destekçim olan sevgili aileme ve dostlarıma teşekkür ederim.

Şubat, 2022

Burak ENDER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEZ ETİK BEYANI.....	i
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
KISALTMALAR.....	v
ŞEKİLLER.....	vi
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1.GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Biyomimikrinin Ortaya Çıkışı	3
2.1.1. Biyomimikri Tarihsel Süreçteki Yeri.....	3
2.1.2. Biyomimikrinin Mimari Tasarıma Etkisi.....	13
2.1.3. Biyomimikrinin Evrimsel Tasarımı	15
2.1.4. Mimarlık Alanında Biyomimikri Yaklaşımları	17
2.1.5. Biyomimetik Tasarım İlkelerinin Üretilmesi	21
2.2.Biyomimikri Kavramına Genel Bakış.....	26
2.2.1. Biyomimikri Kavramı ve Gelişimi	26
2.2.2. Biyomimikri Yaklaşımı: Metodolojisi	32
2.2.3. Biyomimikri ve Mimarlık	35
2.2.3.1. Doğadan Esinlenme	44
2.2.3.2 Biyomimetik ve Biyomorfik Tasarım.....	50
2.2.3.3. Biyomimetik Mimari Tasarım Örnekleri	55
2.2.4. Biyomimikri ve Tasarım	64
2.2.4.1. Biyomimikri Düzeyleri	66
2.2.4.1.1. Organizma Seviyesi	67
2.2.4.1.2. Davranış Düzeyi	69
2.2.4.1.3. Ekosistem Seviyesi	71
2.2.4.2.Biyomimikride Kullanılan Örüntü Çeşitleri.....	72
2.2.4.2.1. Geometrik Örüntüler	73
2.2.4.2.2. Fonksiyonel Örüntüler	75
2.2.4.3. Biyomimikride Kullanılan Tasarım Yöntemleri.....	76
2.2.4.3.1. Biçimsel Yöntem	77
2.2.4.3.2. Fonksiyonel Yöntem	78
2.2.4.3.3. Dokusal Yöntem	78
2.2.4.3.4. Renk Yöntem	79
2.2.4.3.5. Malzeme ve Strüktür Yöntem.....	80
2.3. Çevresel Sürdürülebilirlik ve Biyomimikri	82
2.3.1. Sürdürülebilirlik.....	87
2.3.1.1. Sürdürülebilir Tasarım ve Yaklaşımları.....	89
2.3.1.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Eko-Tasarım.....	90
2.3.2. Sürdürülebilirlik için Tasarım Hususları.....	92

2.3.3. Çevresel Sürdürülebilirlik ve Biyomimikrinin Çevresel Sürdürülebilirliğe Etkisi	93
3. GEREÇ VE YÖNTEM	95
3.1. Araştırmanın Amacı	95
3.2. Araştırma Sürecinin Belirlenmesi	95
3.3. Araştırmanın Yöntemi	95
4. BULGULAR.....	96
4.1. Dünyadaki Modern Mimari Örneklerinde Biyomimikri Bulguları.....	96
4.2. Türkiye’deki Modern Mimari Örneklerinde Biyomimikri Bulguları	113
5. TARTIŞMA.....	118
6. SONUÇLAR.....	119
7.ÖNERİLER.....	121
8. KAYNAKLAR.....	121



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DTATY	: Doğay1 Temel Alan Tasarım Yaklaşımları
DTATYİ	: Doğay1 Temel Alan Tasarım Yaklaşımları İzleği
ETFE	: Etilen Tetrafluroetilen
HVAC	: Isıtma, soğutma, havalandırma ve iklimlendirme
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
PTW	: Mühendislik firması (Permit to Work)
s.	: sayfa
TED	: Technology Entertainment Design
Ve diğ.	: ve diğ.eri

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Balıktan ilham alan Daimler Crysler biyonik araba	18
Şekil 2.2. Lotus İlhamlı Lotus Boyası (Zari, ...	20
Şekil 2.3. (a) Fosil bizon iskeleti, (b) Forth Bridge'in iki kollu konsolu	36
Şekil 2.4. (a) Leonardo da Vinci'nin Vitruvius erkeklerini temsili, (b) Dorik sütunun insan oranıyla ilişkisi	37
Şekil 2.5. Leonardo da Vinci'nin Vitruvius erkeklerini temsili.....	37
Şekil 2.6. Gotik tonozların karşı-dayanaklarını insan iskeleti ile karşılaştıran diyagram. Pratik Mimari Spesifikasyonlarından.....	39
Şekil 2.7. (a) Antoni Gaudi'nin tasarım geliştirmede kullandığı Sagrada Familia'nın asma zincir modeli (ters çevrilmiş katener kemeri), (b) Sagrada Familia'nın ağaç yapıları ve ters katener model kombinasyonundan esinlenen iç yapısı).....	41
Şekil 2.8. (a) Bir yaprağın damarları ve dokusu, (b) Frei Otto tarafından tasarlanan Münih Olimpiyat Stadı çatısı	42
Şekil 2.9. (a) L'Hemisfèric in the City of Arts and Sciences in the City of Arts and Sciences, İspanya, 1998, (b) Oriente Station, Portekiz, 1998. Calatrava'nın ağaç benzeri yapıları	43
Şekil 2.10. Afrika termit kulelerinden ve Arup tarafından Zimbabve, Harare'deki Eastgate binasından kesit ve görünüm.....	46
Şekil 2.11. Eden Projesi'nden Görünüm	47
Şekil 2.12. Lotus etkisi	48
Şekil 2.13. Joseph Paxton'ın 1851 Büyük Sergisi için inşa ettiği Kristal Saray.....	57
Şekil 2.14. Gaudi'nin Colonia Güell için asılı modeli	58
Şekil 2.15. a) Amazon nilüferi, b) Pier Luigi Nervi tarafından Roma'daki Palazzetto dello Sport'tan plan ve görünüm	59
Şekil 2.16. a) Radyolaryadan görünüm, b) Expo 1967, Montreal, Kanada'daki ABD Pavyonu.....	59
Şekil 2.17. a) Frei Otto tarafından yapılan yapısal membran form bulma çalışması, b) Expo 1967, Montreal, Kanada'daki Alman Pavyonu	60

Şekil 2.18. Cornwall, İngiltere’deki Grimshaw Architects tarafından hazırlanan Eden Projesi Biyomları	61
Şekil 2.19. Concorde jeti.....	62
Şekil 2.20. PTW Architects tarafından Pekin’deki Ulusal Su Sporları Merkezi (Su Küpü)	63
Şekil 2.21. Matthew Parkes’ın Namibya Hidroloji Merkezi Üniversitesi ve stenokara böceği.....	68
Şekil 2.22. Nicholas Grimshaw & Partners’ Waterloo, Dış Hatlar Terminali ve pangolin.....	68
Şekil 2.23. Harare, Zimbabwe’deki Eastgate Binası ve Melbourne, Avustralya’daki CH2 Binası	70
Şekil 2.24. Zürafaların derisinde oluşan örüntülere bir örnek	73
Şekil 2.25. PTW Architects, CSCEG Design ve Arup, ‘Water Cube’ Ulusal Yüzme Merkezi	74
Şekil 2.26. Weaire Phelan strüktürü	75
Şekil 2.27. Tesbih böceklerinin tehlike karşısında girdikleri görünüm.....	76
Şekil 2.28. Dabiri’nin türbin tasarımında sürü balıkları.....	76
Şekil 2.29. Kuş, balık ve uçak.....	77
Şekil 2.30. Tavis kuşu ve yelpaze	78
Şekil 2.31. Karga ve kargaburun	78
Şekil 2.32. Köpekbalığı derisi ve Speedo Fastskin dokusu	79
Şekil 2.33. Entropi halı ve düzensiz yapraklar.....	80
Şekil 2.34. Morfo kelebeği ve Morphotex fiberi.....	80
Şekil 2.35. HydroSkin projesi	81
Şekil 2.36. Higroskop projesi.....	81
Şekil 2.37. “Sürdürülebilirliğin üç ayağı” arasındaki ilişkinin bir diyagramı	83
Şekil 4.1. Şekil Guaranty binası	96
Şekil 4.2. Guaranty’nin süslemeleri	98
Şekil 4.3. Ağaç çiçek tohumları ve the puridential building	99
Şekil 4.4. Körfezdeki Esplanade-Tiyatroları	100
Şekil 4.5. Durian Meyvesi. Singapur’daki Esplanade Binasının Cephesi.	100
Şekil 4.6. (a) Durian meyvesinin dikenli geometrileri. (b) Esplanade’nin içi.	101
Şekil 4.7. Gherkin binası.....	103
Şekil 4.8. Gherkin binasının çatısı.....	104

Şekil 4.9. (a)The Gherkin, (b) Venus çiçek sepeti süngeri	105
Şekil 4.10. Münih Olimpiyat Stadı ve örümcek ağı	106
Şekil 4.11. Münih Olimpiyat Stadyumu.	107
Şekil 4.12. Eden Proje (a) dışarıdan görünüm, (b) içeriden görünüm.....	107
Şekil 4.13. Milwaukee Sanat Müzesinin Kahler ve Calatraya binaları	109
Şekil 4.14. Katar’da yapılan kaktüs gökdelen projesi	110
Şekil 4.15.Sainte Marie De La Tourette	112
Şekil 4.16. Manastır.....	113
Şekil 4.17. Atatürk Kütüphanesi’nin genel görünümü.	114
Şekil 4.18. Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Camisi	115
Şekil 4.19. EXPO 2016 Kulesi.....	116
Şekil 4.21. Diyarbakır Yatırım İzleme Koordinasyon Başkanlığı (YİKOB) binası	118

BİYOMİMİKİRİ VE MODERN MİMARİ

ÖZET

Tarihsel süreç içerisinde insanların sosyal bir varlık olmasından kaynaklı değişimlerin yaşandığı açıkça görülebilmektedir. Bu anlamda insanların artan ilişki biçimlerine uygun biçimde mekanlar ortaya çıkmıştır. Günümüzde ise bu mekanların tasarımında doğanın doğrudan kendisinden ilham alınarak yapıların tasarlandığı bir değişime gidilmektedir. Bu anlamda yapılan bu çalışmada doğanın insan yaşamını şekillendirmesinde önemini vurgulayan biyomimikri ile insanların yaşam mekanlarını şekillendiren mimari üzerinden incelemeler yapılmıştır. Özellikle dünyada ve Türkiye’de yapıların biyomimikri unsurlarının neler olduğu ve sürdürülebilirlik açısından uyumlulukları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak mimaride biyomimikrinin henüz hızlı bir süreçte olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Biyomimikri, Ekoloji, Mimari, Sürdürülebilir*

BIOMIMICRY AND MODERN ARCHITECTURE

ABSTRACT

In the historical process, it can be clearly seen that there have been changes due to the fact that people are social beings. In this sense, spaces have emerged in accordance with the increasing relationship styles of people. Today, in the design of these spaces, a change is made in which buildings are designed by being inspired directly by nature itself. In this sense, in this study, biomimicry, which emphasizes the importance of nature in shaping human life, and architecture that shapes people's living spaces are examined. Especially in the world and in Turkey, the biomimicry elements of buildings and their compatibility in terms of sustainability were evaluated. As a result, it has been concluded that biomimicry in architecture is not in a fast process yet.

Keywords: *Biomimicry, Ecology, Architecture, Sustainability*

1. GİRİŞ

Tarihsel süreç içerisinde insanlar için en büyük dönüm noktalarından birisi yerleşik hayata geçmek olduğu ifade edilebilir. Bu dönüm noktası insanların yaşam biçimlerinde ihtiyaçları doğrultusunda bir yönelimle gerçekleşmiştir. Bu durum beraberinde yaşam alanlarının hızla değişime uğramasını getirmiştir. Yerleşik hayat öncesinde doğada yer alan korunaklı alanlarda yaşamını sürdüren insanlar yerleşik hayat sonucunda kendi ihtiyaçları ve isteklerine yönelik yaşam alanları tasarlamaya başlamışlardır.

İnsanlık tarihi kadar eski olduğu görülen mimarinin doğadan ayrı düşünülemeyeceği de süreç dahilinde görülebilecek özelliğe sahiptir. Bu bağlamda doğadan doğrudan alınan örnekler ile yapıların inşa edildiği görülmektedir. Ancak son yıllara sadece doğanın görüntü itibarıyla sahip olduğu özelliklerin yanında doğada yer alan canlıların fonksiyonellerinden yol alarak tasarlanan yapıların olduğu da dikkat çekmektedir. Bu tür yapılar ise yapılan bu çalışmanın konusunu oluşturan biyomimikri altında incelenmektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada doğada yüzyıllar boyunca evrimsel süreç içerisinde varlığını sürdürmek konusunda başarılarıyla önem arz eden canlıların özelliklerinden alınan ilham ile tasarlanmış olan yapıların incelemeleri biyomimikri çerçevesinde incelenmektedir.

Çalışmada izlenen yol öncelikli olarak biyomimikri kavramının tarihsel geçmişinden başlayarak tasarım özelliklerini içine alan literatür taramaları gerçekleştirilmiştir. Biyomimikrinin kavramsal çerçevesine ek olarak çalışmanın analiz bölümünde temel kriterleri oluşturan biyomimikri tasarım ilkeleri de detaylı şekilde incelenmiştir. Biyomimikrinin sürdürülebilir yaşam ve çevresel sürdürülebilirlik ile olan ilişkisi de incelenmiştir.

Çalışmanın son aşamasında modern mimaride yerini alan ve 20. Yüzyıl sonrasında inşa edilmiş olan dünyadaki ve Türkiye'deki mimari yapılarda biyomimikri tasarım özellikleri araştırılmıştır. Analiz aşamasında tasarım ilkelerine ek olarak çevresel sürdürülebilirlik ile ilişkiler de tespit edilmiştir. Sonuç olarak yapılan bu

Çalışma ile dünyadaki ve Türkiye’deki modern mimari yapılarda biyomimikri özellikleri tespit edilerek biyomimikrinin mimarlık alanındaki etkilerine dair katkılar sunulması amaçlanmıştır.



2.GENEL BİLGİLER

2.1. Biyomimikrinin Ortaya Çıkışı

2.1.1. Biyomimikri Tarihsel Süreçteki Yeri

Biyomimikrinin ortaya çıkmasında dünyada gerçekleşmiş olan devrimlerin büyük etkileri bulunmaktadır. Bu bağlamda tarım devrimi, bilimsel devrim, sanayi devrimi, petrokimya devrimi ve genetik mühendisliği devrimine bakılması gerekmektedir. Böylece biyomimikri ilkelerinin anlaşılması için genel bir bakış oluşacaktır. Ayrıca çalışmanın uygulama bölümündeki örneklerin analiz edilmesinde dünyadaki devrimlerin nasıl etkiler meydana getirdiği de ortaya konulabilecektir.

Tarım devrimi

Paleolitik dönemin ardından Neolitik Devrim olarak da bilinen tarım devrimi, yaklaşık olarak MÖ 10.000 civarında gerçekleşmiştir. İnsanoğlunun üretime, tarıma, ticarete başladığı ve gıda kaynaklarının kontrolünü ele geçirdiği bir dönemdir. Kısacası bu başarılar sayesinde avcılıktan hayvancılığa, toplayıcılıktan tarıma ve çiftçiliğe geçiş gerçekleşmiştir. Bir tarım toplumu, ilkel toplumların yerini, insanların toprağa bağlanması ve bununla birlikte küçük yerleşimlerin ortaya çıkması ile değiştirmiştir. Yerleşik yaşam tarzı, üretim ve evcilleştirme sonucunda yaygınlaşmış ve kalıcı hale gelmiştir. Küçük köy yerleşimleri gelişmiştir. Zıllıoğlu ve Güvenç'in (1993) belirttiği gibi, kentleşme genellikle Sanayi Devrimi ile ilişkilendirilir ancak kentleşmenin temelleri aslında Tarım Devrimi'ne dayanmaktadır. Tarım Devrimi sırasında meydana gelen küçük köy yerleşimleri, ürün fazlası üretmiş ve tarım dışı faaliyetlerde bulunmaya başlamıştır. Bu, yaşamak için yiyecek üretmek zorunda olmayan topluluklar tarafından kasaba ve şehirlerin yaratılmasına yol açmıştır. Ayrıca düzenli aile yaşamı, gıda kaynaklarının düzenli olması ve yerleşik yaşam nedeniyle avlanmanın tehlikelerinden uzaklaşma gibi etkenler de nüfus artışına ve insan yaşamının uzamasına neden olmuştur (Zıllıoğlu ve Güvenç, 1993: 50,52).

İnsan ilişkileri daha karmaşık hale gelmiş, mülkiyet, zenginlik, güç, hegemonya, hiyerarşi gibi kavram ve değerler toplumsal yaşamda yaygınlaşmıştır

(Nair, 2009: 310). Daha önceki toplumlar da olmayan bu tür kavram ve değerler, yeni toplumun yapısında ve zihniyetinde büyük bir değişimi beraberinde getirmiştir (Aygün ve Mutlu, 2006: 3).

Aygün ve Mutlu (2006), yukarıda bahsedilen kavram ve değerlerin doğa ve dünya algısını benzeri görülmemiş bir şekilde etkilediğini ve değiştirdiğini belirtmektedir. Toplumsal yapı büyük bir değişimle karşı karşıya kalmıştır. Mülk sahipliğine, hiyerarşiye ve tahakküme dayalı bireysel mülkiyet, eşitliğin bozulmasına neden olmuştur. İnsanlar kaynakları eşit olarak paylaşamamışlardır. İnsanlar doğaya hükmetme ve sahip olma isteği duymaya başlamışlardır. Sonuç olarak, otorite, iş bölümü ve uzmanlaşma gibi nedenlerle insanlar arasındaki birlik ve yakınlık bozulduğunda, insan-doğa ilişkisi de etkilenmiştir. Sonuç olarak, günümüzde hala var olan ekolojik sorunların birincil kaynağı olarak ele alınabilecek ünlü insan-doğa çelişkisi başlamıştır (Aygün ve Mutlu, 2006: 8).

Bunlarla birlikte insanlar doğayı hâkim olunacak bir varlık olarak görmeye başlamışlardır. Önceki toplumların aksine insanlar doğaya sırtlarını dönmüşlerdir. Başka bir deyişle, toplumsal değişimlerin neden olduğu toplumsal sorunlar, doğaya yönelik algı ve tutumlarda bir kaymaya neden olmuştur. O zamandan itibaren insanlar toplumsal sorunlar nedeniyle sürekli olarak doğadan uzaklaşmışlardır (Aygün ve Mutlu, 2006: 3,7,8).

Bilimsel Devrim

Tarım Devrimi'ni, dünyadaki toplumlar da önemli dönüşümler yaratan Bilim Devrimi izlemiştir. Ancak burada belirtmek gerekir ki, siyasi devrimlerden farklı olarak sosyal, kültürel ve entelektüel devrimleri tanımlamanın zor olduğu ortaya çıkmaktadır. Batı Avrupa'daki Bilimsel Devrim, tarihçiler arasında, devrimin ne zaman başlayıp ne zaman bittiği ve gerçekten de bu devrimin öncülerinin kimlerin sürdürdüğü konusundaki tartışmalarından birisidir. Bununla birlikte, halklar üzerindeki etkileri herhangi bir siyasi devrimden çok daha büyük olmuştur.

Bilimsel Devrim kabaca 16. ve 17. yüzyıllar arasında bir dönem olmuştur; ardından Avrupa astronomisi, fizik bilimi, doğa felsefesi ve tıp gibi çeşitli alanlarda sayısız olağanüstü entelektüel başarı ve yenilik meydana gelmiştir (Harman, 2013: 1).

1700'lerde doğal dünyaya yönelik yeni tutumlar önerilmiştir. Tüm bu yeni tutumlar, geleneksel doğa anlayışıyla tamamen çelişmektedir. Örneğin; ilk başta dünyanın hareketsiz ve kozmosun merkezi olduğu düşünülüyordu. Merkezi dünyanın, bir soğanın katmanları gibi kozmos tarafından kucaklandığı genel kanıydı. Kozmos,

kristal kürelerden oluşan bir yapıydı. Ayrıca doğa, gizli aktif güçler ağıyla birbirine bağlı yaşayan bir organizma olarak kabul edilmişti. Ancak Bilimsel Devrim ile birlikte evren anlayışı ve ifadesi değişmiştir. Dünya artık evrenin merkezinde değildi. Artık mekanik bir yapı olarak tasarlanan evrende güneşin etrafında dönüyordu. Doğanın bilinmeyenleri deneysel ve matematiksel analizlerle araştırılmaya başlanmıştır (Harman, 2013: 1).

Bu büyük değişim daha geniş bir kültürel dönüşüme yol açmıştır. Doğa biliminin ortaya çıkışı, doğa bilgisinin edinilmesi ve doğanın kontrolü beklentisi yeni ufuklar açmış ve kamuoyunda ajitasyon, kafa karışıklığı ve heyecana neden olmuştur. Bazı insanlar bu yeni keşifler ve bilgilerden heyecan duyarken, diğerleri bilmediklerinden ve toplumdaki rollerine neler yapabileceğinden korkmuştur. Herbert Butterfield'a göre Bilimsel Devrim, *“Hristiyanlığın yükselişinden bu yana Avrupa tarihindeki en önemli olay”* idi. Hem *“kültürel bir fenomen”* hem de *“bilimsel yöntem ve kozmolojide bir devrim”*di (Harman, 2013: 1-2). Toplum, entelektüel dönüşüm sayesinde doğanın araştırılmasına ve kontrolüne değer ve güven vermeye başlamıştır. Böylece modern toplumda bilimin öneminin anlaşılmasına ve geliştirilmesine yönelik adımlar atılmıştır (Harman, 2013: 1-2).

17. yüzyıl ve toplumu, insanın ilerleme potansiyeline ilişkin iyimserlik ve umutlar ve doğal bilginin arayışıyla ilişkili kültürel değerler tarafından karakterize edilmişti. İnsanlar sanayi ve tarımdaki tekniklerin bilim yoluyla gelişeceğini umuyorlardı. Ayrıca dünyanın yaratılmasında teknolojik gelişme, entelektüel aydınlanma ve ilahi bilgeliğin yüceltilmesi değerleri bilim tarafından belirtilmişti (Harman, 2013: 2).

Kozmos ve insanın doğadaki yeri kavramı bu önemli değişimlerle birlikte değişmiştir. Yeni düşünceler ve inançlar ortaya çıkmaya başladıkça, geleneksel varsayımlar için bir tehdit haline gelmişlerdir. Örneğin toplum, insanın evrende benzersiz olduğuna ve kozmosun insan yararına yaratıldığına inanıyordu. Ancak insanların evrenin mekanik olduğunu ve sonsuz uzayda başka dünyalar olabileceğini kabul etmesiyle bu inançlar reddedilmeye başlanmıştır. İnsanlar astroloji, büyücülük ve sihirli şifa gibi geleneksel inançlara daha az inanmaya başlamışlardır. Öte yandan, *“insanın teknik yenilik yoluyla doğal dünyada bilimsel ustalık elde etme potansiyeline olan inanç”* büyümüştür (Harman, 2013: 3). İnsanlığın gelişiminin önemli bir anahtarı tamamen doğal bilgi ile sağlanmıştır.

17. yüzyılda, Hristiyanlığın vahyedilmiş bilgeliği ile filozofların doğal bilgisi arasında kayda değer entelektüel gerilimler ortaya çıkmıştır. Bilimsel Devrimden önce teoloji tüm bilimlerin başında gelmekteydi. Ancak, bu statü, otorite ve diğer bilgi biçimleri üzerindeki hakimiyet, insanın kozmos anlayışındaki radikal değişim nedeniyle yeniden değerlendirmeye alındı. Doğal bilginin peşinde koşma iddiaları ile Hristiyan doktrini aslında çoğunlukla birbiriyle uyumluydu ve hatta Tanrı'nın tasarımı olan doğanın rasyonel olarak araştırılması bile Hristiyanlıkta önemli bir yer tutuyordu. 17. yüzyılın bilimsel hareketi, bilimin yöntem ve teorilerinin bağımsızlığını ve bütünlüğünü ilan etmiş bulunmaktaydı. Aynı zamanda, Tanrı'nın niyetlerini daha eksiksiz bir şekilde anlamanın, doğanın insan aklıyla incelenmesiyle mümkün olacağını belirtiyordu (Harman 2013: 3).

Özetle, erken modern toplum, Batı'nın evrene bakışı ve insanlığın onun içindeki yeri, Bilimsel Devrim'in felsefi, dini ve kültürel etkileriyle sonsuza dek değişti. Bilim Devrimi'nin bilim insanları ve filozofları, dünyanın ve toplumun dayandığı körü körüne kabul edilmiş gerçekleri takip etmediler. Hepsini dünyanın geleneksel görüşlerine meydan okudu. Böylece yeni düşünce biçimleri olan ampirizm ve şüphecilik ön plana çıkmıştır. Gerçeği bulmanın ancak gözlem ve deneyle mümkün olabileceği fikri yavaş yavaş yayıldı. Modern bilimsel gözlem, hipotez, deney, analiz ve sonuç yöntemi bu dönemde geliştirilmiş ve netleştirilmiştir. Artan bilginin bir sonucu olarak, Hristiyan kilisesinin vahyedilmiş gerçeklerinin temellerine karşı bir meydan okuma vardı. Bilimsel devrim, insanları kendileri için düşünmeye, toplumu analiz etmeye ve dünya hakkındaki önceki inançları yeniden gözden geçirmeye teşvik etti. Bireysellik duygusu ve eşit haklara olan temel inanç, bu dönemde doğan fikirlerin bir sonucu olarak teşvik edildi. İnsanlar, politikacıların ve dini liderlerin yönetme ve onların düşünce ve davranışlarını etkileme haklarını sorgulamaya başladılar. İnsanın doğal hakları olan yaşam, özgürlük, mülkiyet ve ifade özgürlüğü kavramları tartışıldı ve sorgulandı. Bildiğimiz modern dünya bu devrimin bir sonucu olarak oluşmaya başladı.

Sanayi Devrimi

İnsanlık tarihinin en önemli dönüm noktalarından biri kuşkusuz Sanayi Devrimi'dir. Hayatın her alanını etkisi altına aldı; politik, ekonomik, sosyal ve çevresel. Başta Avrupa olmak üzere dünyanın tüm ülkeleri ve toplumları bundan derinden etkilenmiştir (Güzel, 2014: 158).

Sanayi Devrimi'nin önünü açan pek çok önemli gelişme olmuştur. Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkması, özgürlük, eşitlik, demokrasi, cumhuriyet ve insan hakları gibi pek çok fikir ve kavram, Fransız İhtilali ve onun öncülü Aydınlanma sırasında şekillenmiştir (Güzel, 2014: 158).

1700'lerin ortalarında başlayan ve 1800'lerin ortalarına kadar süren Sanayi Devrimi, dünya çapında etkileri olan kalıcı ve derin bir dönüşüme neden olmuştur. Genel olarak Sanayi Devrimi, insan ve hayvan gücüne dayalı üretimden makine gücüne dayalı üretime geçişi ifade etmektedir (Güzel, 2014: 158). Sanayi Devrimi'nden önce yaşam, çoğunlukla basit alet ve hayvanlara sahip olarak sadece tarım, hayvancılık ve ticarete dayalıydı. Bu devrimle birlikte makineler ve fabrikalar ortaya çıktı ve bir sanayi toplumu oluştu (Edwards, 2005: 8).

James Watt'ın geliştirilmiş buhar motoru (1769), Edmund Cartwright'ın elektrikli dokuma tezgâhı (1783) ve Eli Whitney'in çırçır makinesi (1793) gibi teknolojik atılımlar Sanayi Devrimi'nin belirleyicileri arasında sayılabilir. Tüm bu gelişmeler ve yeniliklerle insan ve hayvan gücünün sınırları aşılmış ve her şey değişmeye başlamıştır. Fabrikalar kurulmuş ve seri üretime başlanmıştır. Ulaşım hizmetleri iyileştirildi ve seyahat kolaylaştı (Brynjolfsson ve McAfee, 2014: 15). Kömür madenlerinde verimlilik, elektrik kullanımı, benzinli motor ve fabrika bazlı üretim yöntemleri ve ulus devletlerin ekonomik altyapısı iyileştirilmiştir (Edwards, 2005: 13). Diğer bir deyişle, bu gelişmeler ve yenilikler sayesinde modern yaşamın yolu açılmıştır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014: 15).

O dönemlerde başlayan üretimin birçok endüstri üzerindeki etkisi ve ekonomik büyümenin etkileri uzun süreli olmuştur (Edwards, 2005: 17). Buna bağlı olarak bu durumlar gündelik hayatın sosyal, ekonomik, politik ve çevresel boyutlarında değişimlere neden olmuştur. Burjuvazinin artan gücü ile toplumsal yapı değişmeye başlamıştır. Ekonomi alanında birbirleriyle sürekli mücadele içinde olan iki farklı grup ortaya çıkmıştır. Biri emek için savaştı, biri sermaye için savaştı. Tarımdan sanayiye kayda değer geçiş ve bunun sonucunda insanlık değerlerinde yaşanan düşüş, birçok sosyal sorunu da beraberinde getirdi. Bu gelişmelere paralel olarak yerleşimlerin daha yoğun olduğu yerlerde yeni fabrikalar kurulmuş ve yeni maden kuyuları açılmıştır. Böylece insanlar daha fazla para kazanarak daha rahat bir hayat yaşamak istedikleri için kırsal alanlardan şehirlere göç başlamıştır. Bu durum kentlerde bir kentleşmeye ve nüfus artışına neden olmuştur. Nüfus artışı, banliyö adı verilen şehir çevresinde yeni yerleşimlerin oluşmasına neden olmuştur. Daha sonra kent merkezi ile çevresi

arasındaki sosyo-kültürel farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu durum toplumsal sorunların oluşmasına neden olmuştur. Sınıflar arası eşitsizlikler gözle görülür şekilde artmış ve bu durum yoksulluk, işsizlik ve suç gibi birçok alt sorunu beraberinde getirmiştir (Güzel, 2014: 158).

Petrokimya Devrimi

20. yüzyıl petrol çağıydı. Petrol ve özellikle ham petrol formundaki rafine ürünleri geçen yüzyıla tamamen hâkim olmuş ve onu şekillendirmiştir. Modern endüstri, mühendisler ve girişimciler 19. yüzyılda kasıtlı olarak petrol aramaya ve sondaj yapmaya başladığında doğmuştur. Petrol, modern sanayi toplumunun merkezi ve uluslar için önemli bir stratejik jeopolitik hedef haline gelmiştir. 21. yüzyılda, hala günlük yaşamın bir parçası olarak devam etmektedir. Petrol, kimyasal ve sentetik maddelerin üretiminde hem enerji kaynağı hem de hammadde olarak kullanılmaktadır. Doğal gaz halindeki petrol, gübre, zirai ilaç, ekim veya ulaşımda oldukça önemlidir. Petrol ve enerji, modern toplumun tüm yapısının inşasında rol oynayan başlıca temel şeylerdir (Vassiliou, 2009: 1).

Petrol, bir enerji kaynağı olarak kullanışlılığının yanı sıra petrokimyası ile de dünyayı değiştirmiştir. Plastikler, sentetik lifler, sentetik kauçuk, patlayıcılar, pestisitler ve daha pek çok yeni sentetik malzeme petrolden elde edilmektedir (Vassiliou, 2009: 5).

Petrokimya bazlı polimer teknolojilerinin ve ürünlerinin ortaya çıkışı, yirminci yüzyıl kimya endüstrisindeki en önemli değişimi beraberinde getirmiştir (Chandler, 2009: 22). 20. yüzyılda petrokimya gelişti. 1920'lerde ve 1930'larda petrokimya ürünlerini duymaya başlanmıştır. 1920'lerde bakalit, selüloit ve selüloz asetat gibi polimer bazlı sentetik malzemelere ilgi ortaya çıkmıştır. 1930'larda, özellikle Du Pont, Dow ve Union Carbide'in çabalarıyla olağanüstü teknolojik gelişmeler ve dikkate değer yeni sentetik malzemeler sunulmuştur (Chandler, 2009: 23). Bu ürünler II. Dünya Savaşı'nda kullanılmıştır (Vassiliou, 2009: 5). İkinci Dünya Savaşı'nın öngörülemeyen talepleri aynı zamanda Petrokimya Devrimi'nin de habercisi olarak değerlendirilmektedir (Chandler, 2009: 23).

1950'lere gelindiğinde, yaygın olarak bol ve ucuz plastikler topluma yayılmıştır. Ardından petrokimya devrimi hızlanmıştır (Vassiliou, 2009: 5). Modern toplum, II. Dünya Savaşı'ndan sonra petrokimya devrimi ile sentetik ve plastik çözümlere çok önem vermiştir. Zamanla, insanların yaşamlarının önemli kısımları petrokimyaya dayanıyordu. Günümüzde petrokimya, modern toplumlarda çok önemli

bir rol oynamaya devam etmektedir. Örneğin gıdalar, ev ürünleri ve evler vb. yani modern sanayinin hemen hemen birçok çıktısı petrokimya ürünlerine dayanmaktadır. Bunlar petrol (ham petrol), kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan yapılan kimyasal ürünlerdir. Petrokimya sayesinde birçok endüstride ve tarım, iletişim, ulaşım gibi diğer alanlarda çeşitli malzeme ve ürünler üretilmiştir. Örneğin, en son modern uçaklardan biri olan Boeing 787 Dreamliner'ın ana yapısının yarısı, modern sentetik malzemelerden yapılmıştır. Ayrıca günlük hayatımız için bağımlı olduğumuz araçların çoğu petrokimyadan elde edilmektedir. Arabalar, bilgisayarlar, cep telefonları, çocuk oyuncakları, böcek ilaçları, gübreler, ev temizlik ürünleri ve farmasötik ilaçlar bu araçlardan sadece birkaçıdır.

Petrol/petrolün keşfi bir çağın başlangıcı olmuştur. Medeniyet hayatın kaynağını bulmuş ve bu keşifle çok kısa bir süre içerisinde dünyanın çehresi değişmiştir. Atlı arabalara binmek, otomobil sürmeye, uçak kullanmaya ve hatta aya gitmeye doğru ilerlemiştir. Yerkabuğuna gömülü olan bitki ve hayvanlar, uzun süre yoğun ısı ve basınca maruz kalmaktadırlar. Zamanla anaerobik ayrışmaya uğrarlar, böylece fosil yakıtlar meydana gelmektedir. Bugün hala insanlığın enerji ihtiyacını karşılamak için birincil kaynak olan bu fosil yakıtlar, petrokimyanın temelini oluşturmaktadır. Petrolün hızlı küresel tüketimi göz önüne alındığında, bu kaynakların sınırlı olduğu bilinmelidir (Shukla ve Shukla, 2012).

Petrokimya Devrimi ile dünya sosyal ve ekonomik anlamda büyük ilerlemeler kaydetmiş olabilir ama petrokimya endüstrisinin bizlere sunduğu ürünler ve petrokimya ürünleri de insanları ve dünyayı birçok yönden kötü etkilemiştir.

Petrokimya endüstrisinin bize çok çeşitli faydalı ürünler ve yeni malzemeler sağladığı bir gerçektir, ancak petrokimya ve türevlerinin canlıların sağlığına ve dünya ekosistemine büyük zarar verdiği de doğrudur. Bugün sahip olduğumuz daha gelişmiş araştırmalar ve gelişmiş araçlarla, petrokimya devriminin insan fizyolojisi ve çevre üzerindeki tehlikeli ve toksik etkileri ölçülebilmektedir (Shukla ve Shukla, 2012).

Petrokimyasalların sürekli olarak toprağa, havaya ve suya salınmasından insan hayatı ve çevre olumsuz etkilenmektedir. İnsan fizyolojisi açısından *“petrokimyasallar deri yoluyla emilebildiği veya yutulabildiği için beyin ve karaciğer gibi insan doku ve organlarında birikerek beyin, sinir ve karaciğer hasarına, doğum kusurlarına, kansere, astım, hormonal bozukluklar ve alerjilere neden olmaktadır”* (Shukla ve Shukla, 2012). Örneğin, birçok plastik bazlı ürünün ve epoksi reçinelerinin imalatında kullanılan bisfenol A (BPA) adıyla, insanlar üzerinde östrojenik bir etkiye sahip

olduğu ve normal dengeyi bozmada potansiyel bir role sahip olduğu iddia edilmektedir. Ayrıca plastik biberon yapımında da kullanılan BPA, bebeğin belirli dokularında birikerek bebeğin normal gelişimini etkileyebilir (Shukla ve Shukla, 2012).

Saçlı'nın (2009: 4) kısaca ifade ettiği gibi, insan yaşamını çevre açısından önemli ölçüde değiştiren ikinci en büyük hareket, fosil yakıtların keşfini ve ardından yoğun kullanımını takip etti. Modern sanayi çağının temel enerji kaynakları olarak kullanılan kömür, petrol, doğal gaz fosil yakıtlardır. Dünyada zaten fosil yakıt kaynaklarının tükenme tehlikesi bulunmaktadır. Gelişmiş dünya korumayı değil tüketimi teşvik ettiğinden, sonuçta dünyanın sınırlı kaynaklarının kullanımında ve yaygın kirlilikte muazzam bir artış meydana gelmektedir (Saçlı, 2009: 100). Deterjanlar, böcek öldürücüler ve herbisitler gibi birçok kimyasal, plastik, sentetik maddeler ve bunların toksik atıkları petrokimya endüstrisinin ürünleridir ve bunların tümü çevreye zarar vermektedir (Saçlı, 2009: 8). Özetle, petrokimya endüstrisi çevresel yıkımın bir numaralı suçlusu olarak görülmektedir.

Petrokimya endüstrisinin ekonomi üzerindeki etkisi de göz ardı edilmemelidir. Saçlı'nın (2009: 9) açıkladığı gibi, sentetik ürünlerin piyasa değeri tarım ürünlerine göre daha düşüktür ve bu nedenle yıllar içinde daha da güçlenen haksız rekabet yaratmaktadır. Ayrıca geleneksel tarım yöntemlerine bağlı olan küçük çiftçiler, büyük şirketler tarafından kontrol edilen tarım sektörü nedeniyle yenilmişler ve ekonomik sistemden çıkarılmışlardır. Örneğin, biyoteknoloji yoluyla yüksek verimli bir tohum endüstrisi geliştirilir. Bu endüstriyel atılımlar başlangıçta devrim niteliğinde yenilikler olarak sunuldu, ancak daha sonra ekosisteme verdikleri zarar netleştikçe tartışmalı hale gelmişlerdir. Ayrıca, daha önce de belirtildiği gibi, 19. ve 20. yüzyıllarda enerji kaynakları olarak kömür, petrol ve doğal gaz egemen olmuştur. Zamanla bunlara alternatif olarak sadece hidroelektrik ve nükleer santraller önerilmiş, ancak bu alternatifler zamanla ya kendiliğinden gerilemelere düşmüş ya da kullanımlarıyla ilgili ekonomik ve çevresel tartışmalar yaşanmıştır. Sonuç olarak dünya ekonomik olarak hala petrole ve yan ürünlerine bağımlı durumdadır (Saçlı, 2009: 100).

Genetik Mühendisliği Devrimi

Genetik Mühendisliği Devrimi'nin başlangıcı, Francis Crick ve James Watson'ın DNA'nın yapısını ortaya çıkardıkları 1953 yılına dayanmaktadır. Bununla birlikte, insanlık, başlangıçta oldukça sistematik olmasa bile, “yaşamın kendisinin planı” ile oynama fırsatına sahiptir. Örneğin, Dolly adlı bir koyunun klonlanması

inanılmaz derecede büyük bir gelişmeydi, ancak bilim insanları bunun gerçekleşmesi için yüzlerce başarısız girişimde bulunmuşlardır. Başka bir örnek olarak, bir balıktan çilek bitkisine bir gen aktararak dona dayanıklı bir meyve elde edilebilir, ancak bu genetik oyunun diğer genler ve organizmanın ömrü gibi şeyler üzerinde ne gibi etkileri olacağı bilinmemektedir (Morgan, 2003: 88). Bu alandaki çalışmalar ve gelişmeler 1970’li yıllarda hızla devam etmiştir. “Genetik Mühendisliği: Bir Referans El Kitabı” (Vine, 2006: 2-3) kitabında bahsedilen genetik mühendisliğinin kısa tarihine göre, rekombinant DNA teknolojisinin keşfedilmesi ve kullanılmasıyla araştırmalar hız kazanmıştır. Vine bu teknolojiyi (2006: 23) şöyle açıklamaktadır: “*Rekombinant DNA teknolojisi, seçilen dizi kombinasyonlarını oluşturmak için test tüpündeki DNA’yı manipüle etmek için kullanılan çeşitli enzimatik ve kimyasal prosedürlerdir. Bu tekniklerle, bir hücrenin genomuna genler eklenebilir veya genomdan çıkarılabilir veya mevcut genler bir şekilde değiştirilebilir. Bu süreçle bir hücrenin veya bütün bir organizmanın genetik tamamlayıcısını değiştirme süreci, genetik mühendisliği olarak bilinir hale geldi*”.

Artık DNA kodunu kendi isteklerine ve amaçlarına göre yeniden düzenleyebilen genetik mühendisleri yetişmiş ve yeni bir dönem, genetik mühendisliği başlamıştır (Vine, 2006: 1-2). Genetik mühendisliğinden önce birçok yeni şey kimyasal olarak keşfedildi ve yapıldı. Artık tüm bu yeni şeyler biyolojik olarak yapılmaya başlandı (Vine 2006). Patra ve Andrew’un işaret ettiği gibi (2015: 1), genetik mutasyon sonucu ortaya çıkan çeşitli hastalıkların yayılmasını önlemek için temel olarak bilim ve teknolojiye dayalı genetik mühendisliği geliştirilmiştir. Örneğin kistik fibroz, diyabet ve diğer bazı hastalıklarla genetik mühendisliği yoluyla genomların oluşturulma şekli değiştirilerek mücadele edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca genetik tarama ile doğmamış veya doğmamış çocuklarda görülen hastalıklar tespit edilip tedavi edilmeye çalışılabilmekte, böylece genetik mühendisliğinin yaşam kalitesini artırma ve daha uzun bir yaşam sağlama potansiyeline sahip olduğu açıkça görülebilmektedir. Genetik mühendisliği insan sağlığı ile sınırlı kalmamış, uygulamaları çok geniş olmuştur. Bu uygulamalar biyo-üretim, tarım, endüstri, biyoremediasyon, tıp ve sağlık, gen tedavisi, farmakogenomik, DNA ve hukuk, biyolojik savaş ve biyoterörizm olarak gösterilebilir (Vine, 2006).

Genetik mühendisliği, insanların fikirlerini ikiye bölen bir gelişme olmuştur. Bazıları bu gelişmeyi tamamen desteklemiş, bazıları ise etkileri ve etrafındaki tartışmalı konular nedeniyle buna tamamen katılmamıştır. Vine’in (2006: 1-2) olumlu

bir bakış açısıyla açıkladığı gibi, bu yeni alan sanayi için hammadde üretmenin, gıda geliştirmenin, yeni ilaçlar bulmanın, kirliliği önlemenin, atıkları geri dönüştürmenin, bakteri, maya, bitki ve hayvanları değiştirerek kalıtsal hastalıklara uzun süreli tedaviler bulmanın bir yoluydu. Diğ.ne göre, genetik mühendisliği insan ırkını dünyanın doğal düzenine sürüklemiş ve yok etmiştir. Dünyanın ekosistemi bozulmuş, kontrolsüz yayılan mikroorganizmalar antibiyotiklere direnç sağlamış ve bu yeni hastalıklar sorunlara neden olmuş ve yaşamın kutsallığı yozlaşmıştır.

Ayrıca, Uzogara'nın incelemesinde (2000: 179) Genetik Devrim hakkındaki görüşler dikkat çekmektedir: “*Genetik Devrim teknolojisine karşı çıkanlar tarafından dile getirilen belirli korkulardan bazıları, gıdaların beslenme kalitesinde değişiklik, potansiyel toksisite ve Genetik Devrim ürünlerinden kaynaklanan olası antibiyotik direnci, Genetik Devrim gıdaların tüketilmesinden kaynaklanan potansiyel alerjenite ve kanserojenliği içermektedir. Ek olarak, bazı daha genel kaygılar arasında çevre kirliliği, yabani bitkilere kasıtsız gen aktarımı, olası yeni virüs ve toksinlerin yaratılması, Genetik Devrim gıda bitkilerinin patentlenmesi nedeniyle tohumlara sınırlı erişim, mahsul genetik çeşitliliğine yönelik tehdit, dini, kültürel ve etik kaygılar sayılabilir*”.

İlk başta insanlar, genetik mühendisliği ve teknolojileri yeni ortaya çıktığı için rekombinant DNA teknolojisinin kullanımı konusunda endişeliydi. Tanınma yoktu ve insanların kafasında kullanmanın güvenli olup olmadığıyla ilgili sorular vardı. Daha sonra, bu teknolojinin uygulanmasının etkileriyle ilgili endişeler artmaya devam etti. Örneğin, giderek yaygınlaşan genetiği değiştirilmiş organizmaların çevresel etkileri geçmişten günümüze büyük bir tartışma konusu haline gelmiştir. Tartışmalar daha sonra genetik mühendisliği teknolojisinin kullanımıyla neler yapılabileceğinin sosyal etkilerine yöneldi. Artık toplumlarda genleri manipüle etme bilgisi ve yeteneği vardı. Bu güce sahip olanların bu teknolojiyi nasıl kullanacakları ve nasıl kontrol edecekleri konusu dünyayı tedirgin etti. Bir zamanlar bilimsel bir konu olan genetik mühendisliği artık toplumsal bir sorun haline geldi. Etik, diğer önemli unsurdu. Genetik mühendislerinin “Tanrı’yı oynadığı” izlenimi insanları son derece endişelendirdi. Bu nedenle, gerçek etkileri hakkında bilgi eksikliği ve insan genlerinin insan dışı organizmalarda yeni yaşam formları yaratmak için kullanılması önemli tartışma konuları haline gelmiştir (Patra ve Andrew, 2015: 2). Başka bir endişe, genetik mühendisliği teknolojisinin ekonomik etkileri olmuştur. Genetik mühendisliğinin bir sonucu olarak yeni endüstriler doğmuştur ve bunlar ekonomik değişimler yaratmıştır

(Vine, 2006: 4-5). Özetle, insanlığı çok ileriye taşıma potansiyeline rağmen bu alan ve teknoloji ile ilgili potansiyel sağlık ve çevresel, tarımsal ve ekonomik riskler bulunmaktadır.

Dünyada tarihsel süreç içerisinde gerçekleşen tüm devrimlerin biyomimikriden ayrı düşünülmemeyeceği görülmektedir. Çünkü biyomimikride doğadan esinlenme söz konusudur. Doğada var olan canlıların ve sistemlerin insan yaşamında birçok alan içerisinde biyomimikri ile meydana getirilmeye çalışması sürdürülebilirliği işaret etmektedir. Yapılan bu çalışmada dünyada gerçekleşen devrimlerin biyomimikrinin oluşumunda özellikle biyomimikri ve mimarlık alanındaki varlığı değerlendirilmektedir.

2.1.2. Biyomimikrinin Mimari Tasarıma Etkisi

Biyomimikri ilk kez 1982’de bir terminoloji olarak tanıtıldı, ancak Jaine Benyus’un 1997’de “*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*” adlı kitabını yazmasıyla popüler bir kavram oldu. Yazara göre biyomimikri, doğa ile ilgili modeller ve taklitlerin bir bilimdir. Bu tür taklitler, insan sorunlarını çözmeyi amaçlayan doğadan ilham alan kavramların bir parçasıdır. Benyus, doğayı şu sözlerle tanımlar: “*Model, Measure ve Mentor*” (Benyus, 1997).

Mazzoleni için biyoloji, diğer bilimlerin kapsamının ötesine geçen, kavramsal olarak bol miktarda eğitim alanıdır. Ayrıca, diğer bilimlerle kaynaşma ve mimarlık da dahil olmak üzere görünüşte alakasız konularla sınırlarını aşma eğilimi vardır. “Biyomimetik”, Otto H. Schmitt’in 1960’larda tanıttığı popüler bir bilimsel terminolojidir. Bunu “biyoloji + teknoloji” olarak görüyordu ama bu denklem sadece mühendislik için geçerliydi. Biyomimikri, tasarıma ilk uygulandığı 2000 yılından bu yana düzenli bilimsel araştırma ve geliştirmenin önemli bir parçası olmuştur (Mazzoleni: 2013: xix).

Ayrıca, Badarnah ve Kadri’nin kabul ettiği gibi, biyomimetik, hesaplamalı tasarımın ortaya çıkan ve gelişen bir disiplini olarak ortaya çıkmıştır. Biyomimetik, mimari çözümler bulmak için doğal mekanizmaların, malzemelerin ve yöntemlerin kullanılmasıdır. Uzmanlar birkaç biyomimetik tasarım metodolojisini tanıtmıştır. Ancak 2005-2015 yılları arasında, biyomimetik sadece son yirmi yıldır mimari çalışmalar için önemli bir aktör olmuştur (Badarnah ve Kadri, 2015: 1).

Steadman, *The Evolution of Designs* adlı kitabında Biyomimikriden ve hesaplamalı mimari tasarımdaki kullanımından bahsetmiştir. Bu kitap, Biyomimikri

ve hesaplamalı tasarım arasındaki bağlantıya, geçmişlerine ve olası geleceklerine yönelik bir bakış açısıyla ı ışık tutmaktadır. Tasarımcıların, doğal formları anlamak için, uygun modeller yapmak ve inovasyon metodolojileri geliştirmek için biyolojik sistemleri anlamak için daha derine inmeleri gerektiğini belirtmektedir (Steadman, 2008: xv). Benzer şekilde Mazzoleni, biyomimikrinin karmaşıklık, biyoçeşitlilik ve bir arada yaşama arasında bir bağlantı oluşturduğunu iddia etmektedir. Bir tasarımcı doğayı taklit ettiğinde, doğanın ve tasarlanan ürünün birleşimi büyük ve sürdürülebilir faydalar sağlamaktadır (Mazzoleni, 2013: 39). Ancak Badarnah ve Kadri'ye göre hem form hem de morfoloji dahil olmak üzere büyük ve hacimli veri tabanından ve doğadan aktarılabilen uygun stratejileri seçmek zordur (Badarnah ve Kadri, 2015: 1).

Her ne kadar bilim insanları farklı türlerin davranışlarını gözlemledikleri ve bu ilkeleri tasarıma uyguladıkları zaman, mimari ve tasarım teorisinde biyolojik olarak ilham alan stratejilerden tamamen yeni olan daha az kullanım olsa da türlerin davranışlarından öğrenilen ilkeleri öğrenen ve uygulayan biyomimetik, Steadman için eski “biyoteknik” veya 20’li ve 30’lu yılların “biyoteknik” ile aynıdır. Öte yandan Badarnah ve Kadri, başarılı biyomimetik tasarımların sınırlı olduğunu, ancak mevcut sınırlamaların ötesinde performans göstermenin ve kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak için doğal stratejileri uygulamanın çok mümkün olduğunu iddia etmiştir. Mimarlar ve tasarımcılar, biyomimetikğin uygulanması sırasında genellikle aşağıdaki zorluklarla ve sorunlarla karşılaşmaktadırlar (Steadman, 2008: 153; Badarnah ve Kadri, 2015: 1):

1. Doğanın veri tabanını kullanmak ve tasarımlarını birleştirmek için faydalı teknikler bulmak;
2. Sorunların ve engellerin üstesinden gelmek;
3. Doğadan ilham alan tasarımların çelişkili yönlerini ele almak

Steadman, Biyomimetik sürecinin, esas olarak çevre sorunlarından, halkın temiz, yeşil ve iyileştirilmiş çevreye odaklanmasından yavaş yavaş ivme kazandığına işaret etmiştir. Bu fikrin artan popülaritesi nedeniyle, doğadan ilham alan tasarımlar daha iyi ve daha sağlıklı atmosferler yaratmışlardır. Bu bağlamda bilgisayarlar mimarları, tasarımcıları ve mühendisleri kolaylaştırarak bunu mümkün kılmıştır (Steadman, 2008: xv). Modern bilim ve araştırmanın evriminden bu yana mimarlar, son teknoloji tasarımlar oluşturmak için ilham ve bilgi almak için biyolojik ayrıntılara bakmaktadırlar. Artık hayvan ve bitki taklitleri yaratmakla ilgilenmiyorlar ve şimdi

doğal evrimi ve büyümei taklit ederek doğayı taklit etmekle ilgilenmektedirler. Le Corbusier ve Frank Lloyd Wright gibi önde gelen mimarlar, yazılarında ve tartışmalarında doğa merkezli tasarımları vurgulamışlardır. Le Corbusier, biyolojinin mimarlık için “harika yeni bir kelime” olduğunu ifade etmektedir.

2.1.3. Biyomimikrinin Evrimsel Tasarımı

John Frazer, popüler kitabı “*Evolutionary Architecture*” da biyolojik ve evrimsel formların tasarımların oluşturulmasına yardımcı olduğunu, bu da hesaplamanın daha iyi kullanıldığını ve şimdi aynı şeyin mimari formlar için de geçerli olduğunu iddia etmektedir. Aynı şekilde Mazzoleni, biyomimetik tasarım sürecinin bina yöntemlerini sonsuza dek değiştireceğini ve tasarımların doğal dünya ile ilişkilendirileceğini belirtmiştir (Mazzoleni, 2013: 5).

Teknoloji, çoğunluğun insan lehine doğayı “fethetmek” zihniyetine sahipken ortaya çıkmıştır. Ancak şimdi mimarlar, ihtiyaçlarını karşılamak için insanların doğayla uyum içinde yaşamasını istiyor; bu nedenle tasarım işi, basit doğa taklidinden performansa dayalı ve doğal hesaplamalı tasarımlara geçiş yapmaktadır (Frazee, 1995: 10-11).

Menges, Biyomimetik mimari olanakların çok sayıda olduğunu ve bunların hesaplamalı tasarım yoluyla gerçekleştiğini belirtmiştir. En yeni Biyomimetik ürünler, kesin Biyomimetik bina süreçlerine iyi uyum sağlamaktadır. Bar-Cohen, doğanın her zaman hayatlarını iyileştirmeye istekli olanlar için ilham kaynağı olduğunu belirtmektedir. Aynı zamanda, insanların faydalı cihazlar geliştirmek ve performanslarını yükseltmek için farklı ilkeleri anlamalarına yardımcı olmaktadır. Doğanın hücrelerin ihtiyaçlarını karşıladığı genel bir gözlemdir çünkü her hücre biyolojik bir varlıktır; bu nedenle biyolojinin insanların sorunlarına ve ihtiyaçlarına cevapları bulunmaktadır. Biyomimetik öğrenmeye dayalı olmalıdır çünkü ancak o zaman başarılı olacaktır (Menges, 2012: 9; BarCohen, 2005: 2-4).

Mazzoleni, faydalı doğadan ilham alan tasarımlar oluşturmak için, biyologlar, ekolojistler, programcılar, botanikçiler, mühendisler ve yatırımcılardan oluşan çeşitli meslek ve disiplinlere ait uzman ekiplere ihtiyaç duyulduğuna dikkat çekmiştir. Steadman, Biyomimetik için çalışma yerleri olarak ortaya çıkan bu merkezlerin bir listesini oluşturmuştur. Bunların çoğu, üniversitelerin araştırma bölümleri ve Georgia Tech, Atlanta’daki Biyolojik İlhamlı Tasarımlar Merkezi, İsveç’teki Biyolojik İlhamlı Sistemler Laboratuvarı ve Kuzey Karolina’daki Duke Üniversitesi’ndeki Biyolojik

İlhamlı Malzemeler ve Malzeme Sistemleri Merkezi dahil olmak üzere diğer araştırma merkezleridir. Biyoilham ve Biyomimetik üzerine özel ve özel bir dergi 2007 yılında yayınlanmaya başlamıştır. Birleşik Krallık'ta, biyomimetik araştırmaları yürütmek için Reading Üniversitesi ve Bath Üniversitesi'nde araştırma yerleri kurulmuştur. George Jeronmidis Okuma grubunu başlatırken Julian Vincent, aslında öğretmeni Jim Gordon'un kitabının adı olan Biyomimetik Merkezi'nin Yeni Güçlü Malzemeler Bilimi'ni başlatmaya katkıda bulunmuştur. Bu merkezde araştırmacılar organik maddelerin özelliklerini araştırmışlar ve kemikler, kolajen, kitin (böcekleri izlemek için kullanılır), örümcek ipeği ve selüloz gibi biyolojik yapı taşları üzerinde deneyler yapmışlardır (Mazzoleni, 2013: 5; Steadman, 2008: 260).

Mazzoleni, çalışmalarında biyomimikrinin karmaşık sorunları çözmek için farklı sistemleri birbirine bağladığını vurgulamaktadır. Biyomimikrinin çeşitli konuları birleştirdiği ve çeşitli profesyonellerin uzmanlığına ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir. Araştırmacılar, binalardaki kirlilik ve enerji sorunlarına çevre dostu bir çözüm bulmak için çalışmaktadırlar. Bu çözümler, doğa üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktan ziyade, insanın yaşanabilir alanlarını doğayla uyumlu hale getirme kapsamına sahip olan akıllı çözümler olarak adlandırılmaktadır (Mazzoleni, 2013: 5).

Mazzoleni ayrıca uzmanların bina tasarlamak için işlevsellik, kültür ve teknoloji açısından daha iyi kullanıma sahip yeni ve daha kullanışlı fikirler bulma zamanının geldiğini belirtmektedir. Bunun fütüristik yaşam standartlarının belirlenmesine yardımcı olacağı ifade edilmektedir. Çünkü mevcut parametrik tasarımlar, mimarların ve tasarımcıların, yapıları ve cepheleri tasarlamak için karmaşık geometrik şekiller ve formlar oluşturmaya yardımcı olan parametreleri dijital bir şekilde çizmek için algoritmaları kullanmalarına yardımcı olmaktadır (Mazzoleni, 2013: 5).

Ayrıca Biyomimikri bağlamında Steadman, yeni mimarların ve araştırmacıların tasarımlar oluşturmak için bilgisayarlarla deneyler yaptıklarını ve bunları geliştirmenin yollarını aradıklarını belirtmiştir. Başardıkları önemli bir buluş, Lindenmayer L-sistemi'di ve bu sistem, botanikçi Aristid Lindenmayer'i onurlandırmak için bu şekilde adlandırılmıştır. L-sistemi kurallara dayalı bir sistem kullanır ve semboller kullanarak dal benzeri yapılar oluşturur. L-sistemi sadece bitki benzeri formları tanımlamakla kalmaz, aynı zamanda projelendirilen binaların yakın alanlarındaki yapıların yanı sıra yüzeyler oluşturmak için de ivme sağlar. Mimar Dennis Dollens, organizma morfolojisinden esinlenerek organik formlar gibi karmaşık

kavisli formlar kullanarak yapı elemanları tasarlayan bir yazılım göstermiştir (Steadman, 2008: 257).

Steadman, doğal formlar oluşturmak için tasarlanan doğal yüzey tasarım araçlarının, Emergent Design Group, MIT, ABD’de ve ayrıca Architectural Association’da görev yapan Una-May O’Reilly, Martin Hemberg ve Achim Menges tarafından geliştirildiğini bildiriyor. Genrallows 3D dijital yüzeyler, L-sistemleri temel alınarak geliştirilmiş olup, binaların hava koşullarını, yerçekimini ve güneş ışığını dikkate alarak çevreye uygun şekilde tasarlanmasına yardımcı olmaktadır (Steadman, 2008: 257). Benzer bir notta Mazzoleni, biyolojik kavramların ve bina tasarımının birleştirilmesinin daha fazla keşiflere, yeniliklere ve çevremizle daha dostça ilişkiler kurulmasına yol açtığına dikkat çekmiştir. Artık bina tasarımını doğa ile pratik ve daha kesin yollarla ilişkilendirmek için bir paradigma değişimine ihtiyacı olduğu belirtilmektedir (Mazzoleni, 2013: 48).

Steadman, artık mimarların yazılımlar kullanarak organik çift kavisli yüzeyler üretebildiğini, ancak evrimsel algoritma ve Lsystems’in sahip olduğu biyolojik temelleri olmadığını ifade etmektedir. Uzmanlar morfogeneze ve bazen de biyolojik kavramlar üzerinde yoğunlaşmaktadır ancak pratikte doğa temelli tasarımlar sadece görünümle sınırlıdır. Mimarlar, doğanın dikdörtgen olmayan şekillere sahip olduğu gerçeğinin farkında olarak hareket etmeye başlamışlardır (Steadman, 2008: 258).

2.1.4. Mimarlık Alanında Biyomimikri Yaklaşımları

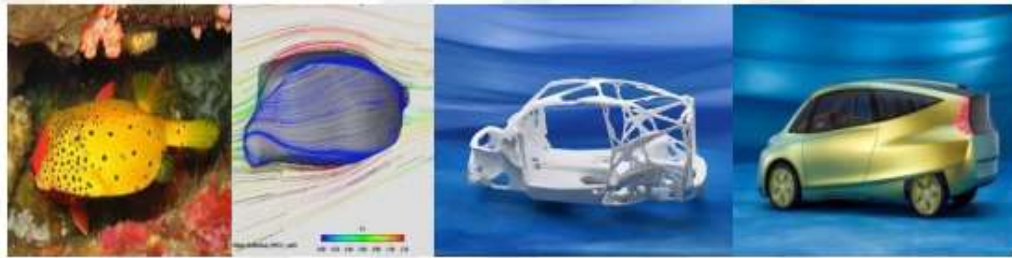
Zari, Biyomimikri yaklaşımlarının iki olası eyleme dayandığını iddia etmektedir: Birincisi, insanın bir tasarım ihtiyacını çözmek için doğayı araştıran bir yaklaşım olan “biyolojiye bakan tasarım”, ikincisi ise “Organizmaların yanı sıra ekosistemlerde var olan davranışları, özellikleri veya işlevleri araştıran ve insan sorunlarına çözümler tasarlayan bir yaklaşım olan biyolojiyi etkileme tasarım” şeklindedir (Zari, 2007: 2).

Zari’ye göre “Biyolojiye Bakan Tasarım”, tasarımcıların hayvanları, bitkileri, ailelerini, ekosistemlerini ve davranışlarını gözlemlediği ilk yaklaşımdır. Mimarlar, insanın yaşam sorunlarını biyologlara bildirir ve bu şekilde aynı sorunu çözen bir canlı bulurlar. Tasarımcılar bu yaklaşımı temel tasarım gereksinimlerini belirlemek için kullanabilirler (Zari, 2007: 2).

Yukarıda bahsedilen yaklaşımı tartışan Badarnah ve Kadri, mimarların ve tasarımcıların bir problemi tanımlamakla işe başlamaları, bir süre onu keşfetmeleri ve

araştırmaları ve bir çözüm bulmak için doğal olarak var olan bir model veya şekil bulmaları gerektiğini belirttiler. Zari, ekosistemlerin ve organizmaların bir kısmının incelenmeden bırakıldığını, bunun da doğadan ilham alan tasarımları önerirken veya tasarlarken biyolojik analoglar insan tarafından tanımlanmış tasarım sorunlarıyla eşleştirilse bile sorun yarattığını, bu nedenle oluşturulan tasarımlarda insan sorunlarının ele alınmadan kalabileceğini belirtmektedir. Benzer şekilde, Helms, Swaroop ve Goel, problem çözme yaklaşımının izlenmesi gereken adımlara ihtiyaç duyduğunu, ancak bu durumda sonraki adımların önceki adımları etkilediğini, bu da geri bildirim alma ve tasarım iyileştirmesi yapma şansı sağladığını belirtmişlerdir (Badarnah ve Kadri, 2015: 2; Zari, 2007: 2; Helms ve diğ., 2009: 6).

Biyonik Araba, bu yaklaşımın bir örneğı olarak düşünülebilir, Daimler Chrysler, doğal ilkelere dayalı bir Biyonik Araba tasarlamıştır. Chrysler, kutu benzeri bir gövdeye sahip harika bir aerodinamik balık türü olan kutu balığından (biyolojik adı: ostracion meleagris) esinlenen araba tasarımını kullanmıştır. Tüm araba yapısı biyomimetik ve modelini oluşturmak için bilgisayar destekli tasarım teknolojisi kullanılmıştır. Elde edilen sonuç, malzemelerin yalnızca belirli parçalara eklendiğı bir iskelet gibi olmuştur (Vincent, Bogatyrev, Bowyer ve Pahl, 2006).



Şekil 2.1. Balıktan ilham alan Daimler Chrysler biyonik araba

Kaynak: (Zari, 2007: 2)

Bionic Araba, kutu balığı gibi tasarlanmış aerodinamik gövdesi sayesinde tamamen yakıt tasarrufludur. Ayrıca yapısı ağaç büyümesine dayalı olduğı için daha az malzemeye ihtiyaç duyar ve minimum malzeme miktarları gerektirir. Araba yeni bir seyahat konsepti olmadığı için, sadece şekli biyomimetik kullanılarak tasarlanmıştır.

Helms ve diğ. tarafından da belirtildiğı gibi, analogilerin kullanılması, biyolojik sistemlerin ilham kaynağı olarak kullanılması yoluyla mühendislik sorunlarının çözülmesine yardımcı olur (Helms ve diğ., 2009: 1).

Aynı şekilde Zari, tasarımcıları araştırma yapmaya ve mevcut tasarım ve yapım sorunlarına biyomimetik çözümler bulmaya çağırmaktadır. Bununla birlikte, sınırlı anlayış kullanmak hem elde edilen biyolojik bilgiyi hem de onun tasarımıdaki uygulamasını sınırlı ve daha az etkili tutmaktadır. Biyolojik formları taklit etmek kolaydır ancak fotosentez gibi biyolojik süreçleri kimyasal veya mekanik işlemlerle yapmak zordur. Tüm olumsuzluklara rağmen, bu yaklaşım, yaşam tarzlarımızı sürdürülemezden sürdürülebilir ve çevre dostu hale getirebilecek bir geçiş aşamasının başlangıcıdır. Ayrıca, William Reed ve Ray Cole dahil olmak üzere üretken tasarımın önde gelen düşünürleri, ekosistemlerin yerel ortamları restore etme kapasitesini yeniden oluşturmanın mümkün olduğuna, ancak bunun kademeli iyileştirmelerle yapılamayacağına ifade etmektedir (Zari, 2007: 3).

Biyomimikri Enstitüsü ve Georgia Teknoloji Enstitüsü'nde Michael Helms, Swaroop S. Vattam ve Ashok K. Goel tarafından Design Intelligence Lab'de (2006) çeşitli araştırmalar yapılmıştır ve genel ilerleme için altı kesin adım önerilmiştir (Helms ve diğ., 2009: 7):

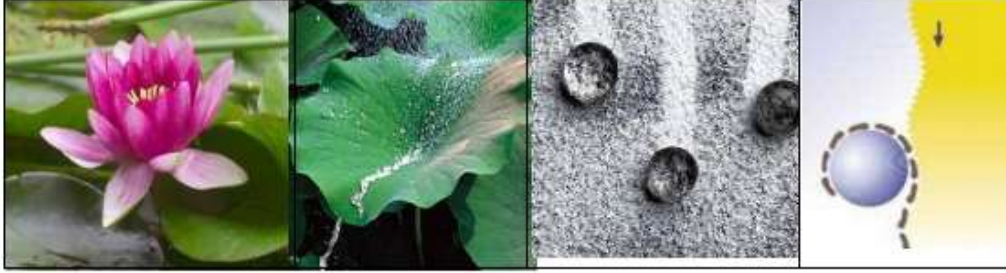
1. Problem tanımı;
2. Sorunu yeniden çerçeveleyin;
3. Biyolojik çözüm arayın;
4. Biyolojik çözümü tanımlayın;
5. Prensipten çıkarın;
6. Prensipten uygulaması

Bu çerçeveye göre, biyologlar sürekli olarak insanların karşılaştığı sorunları çözen organizmaları ararlar. Tasarımcılar ise işin geri kalanını, sorunları tanımladıkları, hedeflere dönüştürdükleri ve bunları çözmek için ihtiyaçları belirledikleri için yaparlar.

Zari'nin bahsettiği ikinci yaklaşım, "Biyolojiyi Etkileyen Tasarım" olarak adlandırıldı. Biyolojik bilginin insan yapımı tasarımı etkilediği anlamına gelir; bu nedenle işbirlikçi tasarım, insan tarafından belirlenen tasarım konuları yerine işbirlikçi biyolojik ve ekolojik araştırmalara ihtiyaç duyar (Zari, 2007: 3).

Vincent ve arkadaşları (2005) bu yaklaşımı incelemiş ve biyoloji bilgisinin, tasarımcıların alışılmışın dışında ve önceden belirlenmiş konuların ötesinde düşünmesini sağlayabileceğini bulmuşlardır. Bazı tasarım sorunlarını çözebilecek yeni teknolojilerin keşfedilmesiyle sonuçlanacağı ifade edilmiştir. Bu, insanların tasarım

işini yapma veya onun hakkında düşünme şeklini değiştirmek için hala büyük bir potansiyel olduğu ve bu tür tasarımın biyomimetik tasarım olduğu anlamına gelmektedir. Öte yandan Zari, söz konusu yaklaşımın biyolojik araştırmaları zorunlu kılması ve ilgili olmasını gerektirdiği için tasarımcılar açısından dezavantajlı olduğuna dikkat çekmiştir. Uygun sonuçlar yaratmak için böyle bir araştırmanın doğru bir şekilde tanınması gerekir. Örneğin, nilüferin çamurlu veya kirli sularda büyümesine rağmen nasıl temiz kaldığı gösterilebilir. Bu fikir, binanın kendi kendini temizlemesini sağlayan inanılmaz bir boya icadına yol açmıştır (Zari, 2007: 3).



Şekil 2.2. Lotus İlhamlı Lotus Boyası

Kaynak: (Zari, 2007: 3)

Helms, Vattam ve Goel, 2006 yılında Georgia Institute of Technology, Design Intelligence Lab'de verilen yaklaşımı 7 kesin adımda dönüştüren bir araştırma yapmıştır (Helms ve diğ., 2009: 16):

1. Biyolojik çözümün belirlenmesi: Bu aşama için tasarımcıların belirli bir biyolojik akıllarında çözüm gerçekleştirilir;
2. İlk adımda tasarlanan biyolojik çözümün tanımlanması;
3. Prensip çıkarma;
4. Çözümü yeniden çerçevelemek: Tasarımcıları, elde edilen biyolojik çözüme insanların nasıl tepki vereceğini düşünmeye sevk eder;
5. Problem arama: Yeni, ortaya çıkan, güncel veya unutulmuş sorunları bulma
6. Bir problemi tanımlama;
7. İlke uygulaması bu çerçeveye göre, tasarımcıların en başından beri akıllarında belirli bir biyolojik çözüm olmalıdır.

Ardından biyologlar, tasarımcılar ile yakın ilişkiler içinde biyolojik çözümü mimari içerikte yorumlar.

Biyomimikri alanındaki yaklaşımlar sonraki bölümlerde daha ayrıntılı şekilde özellikle metodoloji bağlamında değerlendirilmektedir.

2.1.5. Biyomimetik Tasarım İlkelerinin Üretilmesi

Frazer ve arkadaşları tarafından da varsayıldığı gibi, doğaya dayalı mimari form oluşturmak zor ama mümkün. Evrimde var olan yaratıcı potansiyelden yararlanan müsrif prototipleme yoluyla gerçekleşir ve çevresel değişikliklere uyum sağlama kabiliyetine sahip olanları üretmek oldukça mümkündür. Tamamen yapay olarak görülen mimari, morfogenez, seçilim ve genetik kodlama gibi doğal ilkelerle çalışır (Frazer ve diğ., 2002: 2).

Doğanın mimari açıdan sunacağı çok şey var ve fikirler/çözümler açısından tükenmez olması biyomimetik önemli bir araç haline getiriyor. Doğal çözümlerin ve doğadan ilham alan fikirlerin önemini anlamak gereklidir çünkü bunlar nihayetinde dünyamızı çok daha iyi bir yaşam standartlarına ve gerçekleştirilebilir çözümlere götürecektir. Mühendislik ve doğanın kaynaşmasıyla oluşturulan tasarımlar, oluşturulan yapılar ve çevre arasında tutarlı bir etkileşim kaynağıdır.

Adriaenssens, Graazio, Kohler, Menges ve Pauly, biyolojik kuralların teknik uygulamalara geçişinin makine mühendisliğinde değerli bir gelenek olduğunu; ancak çağdaş dijital tasarım gelişmeleri, tasarımcılara tasarımlarını geliştirmeleri için sonsuz fırsatlar sağlamıştır. Bu, kritik tasarım öğeleri olan karmaşık geometrik şekillerin üretilmesinin yanı sıra fabrikasyon yoluyla gerçekleşir (Adriaenssens ve diğ., 2016: 156).

Badarnah ve Kadri, biyomimetikğin kapsamını tartışırken, biyomimetikğin gelecekte büyük gelişmeler getirecek umut verici bir çalışma alanı olarak kabul edildiğini belirtmektedirler. Son on yılda, birkaç biyomimetik strateji geliştirildi, ancak şimdi bile, biyomimetik ilkelerin mimariye uygulanması hala bir zorluk teşkil etmektedir (Badarnah ve Kadri, 2015: 1).

Benyus (2002), biyomimetikğin büyük yaratıcı ve yenilikçi potansiyele sahip olduğunu, bunun yakın gelecekte insanlığı kolaylaştıracağını belirtmiştir.

Biyomimikriyi tartışan Mazzoleni, şimdiye kadar biyomimikrinin sadece doğal alanın morfolojik yönlerini taklit etmekle ilgili olduğuna dikkat çekmiştir; fonksiyonel potansiyeli göz ardı edilmiştir. Artık mimarlar, üretken tasarımlar vermek için işlevsel biyomimetik yönleri birleştirmenin yollarını araştırmaktadırlar (Mazzoleni, 2013: xix). Aynı şekilde Badarnah ve Kadri, biyomimetik tasarımlar geliştirmek için tasarımcıların gerekli zorlukları karşılamak, hayvan ve bitki dünyasını gözlemlemek ve tasarım sürecine yardımcı olabilecek sistemleri bulmak için bir dizi aşamadan

geçmesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca, başlangıç konseptleri üretme, bunları analiz etme ve bunları meşru çözümler olarak kabul etme ihtiyacının altını çizmişlerdir; bu, denizaşırı analitik aşamalarla başarılabilir; zorluk tanımlama, hedef türlerin araştırılması ve stratejilerin, kuralların, sınıflandırmanın ve ilgili veri ve materyallerin uygulanmasının analizi dahildir. Bundan sonra, daha fazla bilgi edinmek için daha fazla araştırma yapılması gereken genel çözümü doğrulamak ve analiz etmek gerekmektedir (Badarnah ve Kadri, 2015: 5).

Biyomimetik ile ilgili zorlukları tartışan Gruber ve Imhof (2017), biyomimetik tasarımdaki büyük bir engelin, öğrenme için gözlemlenebilecek uygun rol modellerinin olmaması olduğunu ifade etmişlerdir. Türler çoktur ve habitatları boldur. Bu, aslında doğal ilkelerin sınırlı olduğunu, ancak doğanın bunları pek çok tür ve organizma familyasında uyguladığını ve bu nedenle herhangi bir türün son rol model olarak seçilmesini zorlaştırdığını göstermektedir. Bu nedenle, çeşitli türlerde belirli örüntüler bulmak zahmetli bir iştir ve başarılı bir tahsis için soyutlama yararlıdır (Gruber ve Imhof, 2017: 5).

Badarnah ve Kadri'nin de belirttiği gibi, birkaç araştırmacı biyomimetik gelişmeleri geliştirmeye yönelik yöntemleri keşfetmek için çeşitli gözlemler gerçekleştirmişlerdir. Doğal seçenekleri keşfetmenin benzersiz ve bazen çok yararlı yönleri ortaya çıkarmaya yardımcı olduğu bir gerçektir. Şimdi bile, biyomimetik araştırma yapmak, formların doğal bolluğu nedeniyle hala bir zorluktur. Diğer bir konu ise, organizma yapıları, hayvan ve bitki davranışları ve ekosistemler gibi sürdürülebilir doğal sistemlerin yanı sıra "başarılı" olan bir tasarım sisteminin olmamasıdır. Başarılı bir tasarım, referans için bu kadar çok sayıda sistem ve alt sistemden doğru sistemi bulmayı gerektirir (Badarnah ve Kadri, 2015: 1).

Hensel ve Menges, biyomimetik üretken süreçlerin yaratılmasının malzeme-çevre etkileşimi gerektirdiğini ve bunun için araştırmacıların davranış kalıplarını ve çevreyi incelemesi gerektiğini iddia etmiştir. Işıklı, termodinamik, sonik veya benzer özelliklere sahip diğer modülasyonları içeren modülasyonlara ihtiyaç duymaktadır. Biyomimetik, sıcaklık, nem içeriği, iç kuvvetler ve frekanslar dahil olmak üzere fiziksel duruma ait bazı ek unsurları içermektedir (Hensel ve Menges, 2009: 92). Fiziksel duruma ek olarak, yukarıda bahsedilen hedef türlerin araştırılması ve stratejilerin ve davranışlarının analizi, sorunu giderek daha karmaşık hale getirmektedir. Bu nedenle, karmaşık biyomimetiklerden istenen sonuçları elde etmek için çeşitli biyomimetik ilkeler uygulanmıştır:

Birinci İlke

İlk ilke Adaptasyondur. Adaptasyon aslında türü veya bir grup organizmayı yaşadıkları yere/doğal ortamlarına uygun hale getiren bir süreçtir. Bu temel bir biyolojik fenomendir. Mazzoleni, “Mimarlık Yenilikçi Tasarım için Doğa-Biyomimetik İlkeleri İzler” adlı kitabında konuyu ayrıntılı olarak tartışmıştır. Adaptasyonun geleneksel olarak mimarının merkezi olmadığını, ancak “ekolojik ayak izini” iyileştirmek için tasarımcıların ve inşaatçıların buna gereken önemi vermeleri gerektiğini ifade etmiştir. Yeni bina inşa etme hızını azaltmak ve mimariyi çevreye göre ayarlamak kesinlikle insan nüfusunun gezegenimiz üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı olacak niteliktedir. Aynı şekilde Badarnah ve Kadri, doğanın çok fazla seçenek sunduğunu ve bunları kullanmak için mimari tasarıma uygulamak için muazzam bir veri tabanına ihtiyacımız olduğunu belirtmişlerdir. Aynı konuyu tartışan Mazzoleni, doğal tasarımların, ekosistemin diğer üyeleriyle olan ilişkilerini göz önünde bulundurarak, türlerin çevrede nasıl hayatta kaldıklarına dair “sentetik” bir anlayışla uyarlanabileceğini belirtmiştir. Bu yaklaşım, tasarımları son derece işlevsel hale getirme kapasitesine sahiptir. Sonuçlar belirli bir organizmaya değil, onun işlevlerine ve tasarım için yararlılığına işaret etmektedir (Mazzoleni, 2013: 32-47; Badarnah ve Kadri, 2015: 1).

İkinci İlke

İkinci ilke Sistem Olarak Malzemedir. Panchuk (2006), türlerin ve ekosistemlerinin mikro ve makro yapılarını oluşturan birbirine bağlı birçok element ve maddeye sahip olduğuna inanmaktadır. Mikro düzeyde hücreler, temel ajanlar olarak işlev görürler ve sistemin ve türün ihtiyaçlarını karşılarlar (Panchuk, 2006: 26). Ayrıca, Hensel, Menges ve Weinstock, doğal formların, bazı elementlerin ve yapı taşlarının diğ.ne tabi olduğu ve bazı malzemelerin değişen senaryolar altında tepkilerini değiştirdiği hiyerarşileri olduğunu iddia etmektedirler. Biyolojik sistemler, güçlü ve dinamik yapılarla dolu kırılğan malzemelerden yapıldıkları için iç içe ve birbirine bağımlıdır. Doğal malzemelerin özellikleri, yapay olarak üretilmiş malzemelerin malzeme özelliklerine göre çok farklıdır (Hensel ve diğ., 2010: 15).

Kelly (1994), ekosistemlerin, bireysel türleri değil, tüm sistemi optimize eden malzemeleri olduğu kadar enerjileri de kullandığını ifade etmektedir. Benzer şekilde Panchuk (2006), hücrelerin hiyerarşilerinin ihtiyaçlarına göre hareket ettiğini beyan etmektedir. Mikro düzeyde, suyu kök kıllarından yapraklara taşırlar ama ayrıca hafif

bileşenler olmakla birlikte ağaca güç verirler ve aynı zamanda esneklik de sağlamaktadırlar (Panchuk, 2006: 26).

Üçüncü İlke

Üçüncü ilke Evrimdir. Hensel, Menges ve Weinstock, evrimin ekosistemleri sürekli olarak dinamik bir ortam kullanarak hayatta kalmaya teşvik ettiğini belirtmektedirler. Her türün iki ortak özelliği olduğunu ifade etmektedirler: Birincisi, farklı zaman dilimlerinde çalışırlar. İkincisi, onları sadece bir hücreden tam olarak oluşmuş bir yetiştikine dönüştüren hızlı embriyolojik gelişim süreci ile ortaya çıkarlar ve bu nesiller boyunca devam eder (Hensel ve diğ., 2010: 29).

O'Reilly, Hemberg ve Menges, karmaşık doğal sistemlerin ve formların evrimsel süreçlerle ortaya çıktığını ve büyüme süreçlerinin de çevreden çok sayıda farklı katkıyı kabul ederek ve “fenotip bağımlılıklarından” geçerek çok karmaşık olduğunu belirttiler. Biyolojik ilkelere göre, genotip, belirli türlerin genetik yapısına sahiptir ve fenotip, çevre-genotip etkileşiminin sonucudur (O'Reilly, Hemberg ve Menges, 2004).

Frazer, evrim sürecinin biyolojik mükemmellik ve doğal formlar yaratmadan önce birçok deneyden geçtiğini belirtmektedir. Doğanın, büyük biyoçeşitlilik ile sonuçlanan birçok “kusurlu” deneyden geçtiğine ifade etmektedir. Sonuçları, çevrede metabolik denge yaratan birbirine bağımlı bitki ve hayvanlardır; bu nedenle, evrimsel mimarinin olduğu gibi uyarlanması tavsiye edilmemektedir (Frazer, 1995: 12). Benzer bir notta, O'Reilly, Hemberg ve Menges (2004) genomların doğal formların özelliklerinin arkasında olduğunu, çünkü doğal üretici sistem genomların ardışık versiyonlarıyla çalıştığını belirtmişlerdir. Genomlar, yapısal olarak karmaşık biyokütlenin arkasında bulunan küçük veri depolarıdır. Gerçekten ilham verici tasarımlar için evrimsel sürecin araçsallaştırılması, hesaplama çerçevesi ile birleştirilmelidir.

Bar-Cohen (2005), biyolojik formların evrimsel süreç devam ederken, etkili çözümler yarattığına ve bu çözümlerin ilham için kullanılabileceğini ifade etmektedir (Bar-Cohen, 2005: 3).

Dördüncü İlke

Dördüncü ilke ortaya çıkıştır. Biyolojik formları, iklimi ve topografik formları içeren dinamik doğal sistemler, ortaya çıkış sürecini incelemek için önemli olan birçok özellik gösterir. Araştırmaların çoğu, yaşam formlarının, iklim koşullarının ve yeryüzü özelliklerinin kademeli olarak mevcut formlarında ortaya çıktığını ve sürecin henüz

bitmediğini göstermektedir. Çevremizdeki biyolojik dünyanın gelişim süreçlerinin ve evrimsel aşamalarının çeşitli tanımları ortaya çıkmıştır. Bilim insanları, yarım yüzyıl önce inanılan şeyin kanıtlarını bulmuşlardır. Bu bağlamda De Wolf ve Holvoet, ortaya çıkışı, karşılıklı olarak dinamik olarak ortaya çıkan makro düzeyde “tutarlı ortaya çıkanlar” (mülkiyet, davranış ve yapı dahil) mevcudiyetinde gerçekleşen etkileşimli mikro düzeydeki parçalar bir sistem olarak tanımladıklarında önemli katkılarda bulunmuşlardır. Bu tür acil durumlar benzersizdir ve sistemin tek tek parçalarından oluşmaktadır (De Wolf ve Holvoet, 2004: 3).

Fromm, ortaya çıkışın temel bir sorunun ortaya çıktığını iddia eder: “şeyler nasıl var olur?” Ortaya çıkma sırasında bir şeyin olduğuna tanık olunmaktadır ama bunun nasıl yapıldığını kendimize sorarız çünkü arkasındaki mantığı bilmek istenmektedir. Bu, çoğu zaman hiçbir şey açık bir sebep olmadan ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Buna ek olarak, Hensel ve arkadaşları çeşitli biyolojik formların ortaya çıkmasının yapılarından ve malzemelerinden ayrı düşünülmesi gerektiğini bildirmiştir. Performans, karmaşık malzeme hiyerarşilerinden ortaya çıkar. Formlar, yapılar ve malzemeler etkileşime girdiğinde, bunlardan sadece biri analiz edilerek davranışları tahmin edilemez (Fromm, 2005: 1; Hensel ve diğ., 2010: 15).

Beşinci İlke

Beşinci ilke Biçim ve Davranıştır. Hensel ve arkadaşları biyolojik davranış ve biçimlerin, türlerin (ve biyolojik olmayan şeylerin de) yapısını olduğu kadar yapısını da yaratan, geliştiren ve sürdüren ve karmaşık organizma-çevre alışverişi yaratan bir sürecin sonucu olduğunu belirtmektedirler. Üstelik hemen hemen her tür, davranışlarını değiştirerek üremeye devam edebilir; bu nedenle davranış ve biçim pratik olarak iç içe geçmiştir (Hensel ve diğ., 2010: 13).

Buna ek olarak, Badarnah ve Kadri, form ve morfolojinin doğadan mimariye aktarılabilir unsurlar olduğunu iddia etmişlerdir. Ek olarak, aynı bağlamda, herhangi bir organizma formunun, farklı koşullar altında farklı sonuçlar veren davranışları üzerinde bir etkisi bulunmaktadır. Davranışlar genellikle doğrusal değildir ve duruma özeldir (Badarnah ve Kadri, 2015: 1).

Davranış ve biçimi tartışan Knippers ve Speckan, biyomimetğin genişletilmiş tanımına ihtiyaç duymuşlardır. Onlara göre biçim ve işlev kuralları, tasarımcıları, mühendisleri ve mimarları yenilikçi mimari tasarım stratejileri oluşturmaya ve bunları teknik olarak uygulamaya teşvik etme konusunda ikna edici bir potansiyele sahiptir (Knippers ve Speck, 2012: 8).

İnsan ihtiyaçlarını veya tasarım sorunlarını belirlemek ve biyolojik türler üzerinde deneyler yaparak çözümler bulmak, biyomimetik tasarım sürecinin iki önemli aşamasıdır. Türlerin belirli davranışları, özellikleri ve işlevleri olduğundan, insan tasarımlarına uyum sağlamaları başlıca biyolojik kurallara odaklanmayı sağlar; bu nedenle, hesaplama stratejileri geliştirmek için bazı özel ilkeler seçilmiştir. Biyomimetik tasarımcılar, ideale yakın çıktılar veren bazı biyolojik kurallara uyarlar. Bir organizma taklit edilmediğinde, gözlem ve deney aşamaları, bazı biyolojik kurallara ve özelliklere dayandıkları için hala biyomimetik olarak kabul edilir. Biyomimetik yöntemler, tasarım aşamasında takip edilmesi gereken bir dizi oluşumdan oluşur. Konum ve çevresel koşullara göre, mevcut en iyi malzemeleri kullanarak ve doğru mimariyi oluşturmaya yardımcı olur. Daha derin hayal etmeye yardımcı olur, bu da algoritmik gelişimle ilgili beklenmedik sonuçlara yol açar. Ne zaman bir proje başlatılsa, profesyoneller hedefleri tanımlamaya, devam eden durumu ve malzemelerin mevcudiyetini analiz etmeye, en önemli öncelikleri belirlemeye ve hesaplama stratejileri için gerekenleri değiştirmek için belirli türleri incelemeye başlarlar. Daha sonra geri bildirim ve uygulama yoluyla öğrenme kaydedilir. Sonunda profesyoneller istenen sonuca ulaşır. Hesaplamalı yazılımlar ve teknolojiler, araştırmacıların bazı kuralları araştırmalarına ve potansiyellerini keşfetmelerine yardımcı olan büyük yeni olanaklara ve araçlara sahiptir. Yeni görüntüleme modları organizmanın içini görmeyi mümkün kılmıştır. Elektron mikroskopları, morfogenetik hesaplamalı tasarım için çok ilginç bir araştırma alanı olan çeşitli biyolojik sistemlerin ve olayların gözlemlenmesine yardımcı olur.

Biyomimikrinin ilkeleri göz önünde bulundurularak kavramsal gelişimi ve metodolojisi alt başlıklarda değerlendirilmektedir.

2.2. Biyomimikri Kavramına Genel Bakış

2.2.1. Biyomimikri Kavramı ve Gelişimi

Biyolog ve “biyomimikri” disiplininin Amerikalı öncüsü Janine Benyus, biyomimikri hakkındaki bulgularını “*Biyomimikri – Doğadan İlham Edilen İnovasyon*” (1997) kitabında belgelemiş ve entegre etmiştir. Biyomimikri, “*doğanın modellerini inceleyen ve daha sonra insan problemlerini çözmek için bu tasarım ve süreçleri taklit eden veya onlardan ilham alan yeni bir bilimdir*” (Benyus 1997).

Benyus'un (2011: 2) daha fazla tanımladığı gibi, biyomimikri *“daha sürdürülebilir tasarımlar yaratmak için doğal formları, süreçleri ve ekosistemleri öğrenmek ve ardından onları taklit etmektir. Biyomimikri, daha iyi bir güneş pili icat etmek için bir yaprak veya daha dayanıklı bir şirket yapmak için bir mercan resifi üzerinde çalışıyor”*. Bu görüşteki ana fikir, doğanın insanların birçok sorununu zaten çözmüş olmasıdır. Doğa, enerji, gıda üretimi, iklim kontrolü, iyi huylu kimya, ulaşım, iş birliği ve daha fazlası gibi sorunların çözümlerine zaten sahiptir (Benyus 2011: 2).

Biyomimikri, her ölçekteki teknik ve sosyal sorunlara çözüm bulmak için uygulanabilecek derin ve kapsamlı bir alandır. Bunun için Janine Benyus'un (2011: 2) belirttiği gibi, *“Biyomimikri bir tasarım disiplini, bir disiplin, bir problem çözme yöntemi, bir sürdürülebilirlik etiği, bir hareket, doğaya karşı bir duruş, biyoçeşitliliği görmek ve değer vermek için yeni bir yaşam biçimidir”*. Biyomimikri, tüm unsurların birbirine bağımlı olduğu bir sistem bakış açısıyla doğanın incelenmesini önermektedir.

Biyomimikri, doğanın 'en iyi fikirlerini' inceleyen ve daha sonra insan sorunlarını çözmek için bu tasarımları ve süreçleri taklit eden gelişen bir disiplindir. Biyomimikri, “doğadan ilham alan inovasyon” mottosuyla ürünler, süreçler ve politikalar ya da başka bir deyişle yeni yaşam biçimleri yaratmayı amaçlar. Uzun vadede dünyadaki yaşama iyi adapte olmuşlardır (Flint, 2013: 111).

Biyomimikri kelimesi etimolojik olarak Yunan köklerinin birleşimine dayanmaktadır; Yunancada bios hayat, mimesis ise taklit etmek demektir. Biyomimikri terimi bilimsel literatürde ilk kez 1962 yılında ortaya çıktığında ve zamanla özellikle 1980'lerde malzeme bilimi alanında çalışan bilim insanları arasında kullanımı artmıştır (Pawlyn, 2019: 2). Ancak bu terim, asıl ortaya çıkışını otuz yıl sonra 1960'lı yıllardan sonra yukarıda bahsedildiği gibi Janine Benyus'un kitabında göstermiştir. Bu kitapta biyomimikri, muazzam potansiyeliyle yeni bir tasarım çağını bildiren bir terimdi (Benyus, 1997).

1962'de biyomimikri, “sibernetik” ve “biyonik” terimlerini içeren genel bir terimdi (Volstad ve Boks, 2008: 2). Başlangıçta, biyomimikrinin tanımı “bir yaşam biçiminin başka bir yaşam biçimi tarafından her türlü taklit edilmesi” olarak anılırken, biyonik tanımı “...doğanın sorunlarını çözmek için gerçekten kullandığı hileleri yeterince iyi anlama girişimiydi” (Bensaude-Vincent, Arribart, Bouligand ve Sanchez 2002: 1). Yani o dönemde biyonik teriminin tanımının biyomimikri tanımına az çok yakın olduğu, malzeme bilimi tarafından 1980'lerden itibaren kullanılmaya başlandığı anlaşılmaktadır. “Biyomimetik” daha sık, “biyonik” ise daha az sıklıkla kullanılıyordu

(Pawlyn, 2019: 2). Biyomimikri daha sonra Janine Benyus (1997) aracılığıyla tercih edilen bir terim haline gelmiştir. Pawlyn,'in (2019: 2) belirttiği gibi, biyolojik bilimler yazarı Janine Benyus, Biyoloji Profesörü Steven Vogel ve Biyoloji Profesörü gibi alanlardaki bireyler sayesinde son on yılda biyomimikriye ilgi büyük bir artış göstermiştir. Biyomimetik Julian Vincent ve diğer kişiler bu konuda kapsamlı yazılar yazmışlardır. Julian Vincent'a göre biyomimikri "iyi tasarımın doğadan soyutlanması" iken, Janine Benyus'a göre "doğanın dehasının bilinçli öykünmesi"dir (Pawlyn, 2019: 2). Benyus, ekolojik olarak motive edici bir biyomimikri görüşü ile öne çıksa da günümüzde biyomimikriye olan ilgi bununla sınırlı değildir. Günümüzde biyomimikriye olan ilginin hızla artmasının önemli nedenlerinden biri, insanoğlunun tarihinde ilk kez doğayı analiz edebilmesidir. Artık doğanın 3,8 milyar yıllık araştırma ve geliştirmesinden öğrenecek beyin gücüne ve araçlarına sahip olmasıdır. Ayrıca biyomimikrinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için birçok farklı alandan profesyoneller bir araya getirilmiş ve birlikte çalışmaları için gerekli ağlar oluşturulmuştur. Biyomimikrinin sahip olduğu potansiyel çok büyük. Bunu desteklemek için, Bath Üniversitesi'nde biyomimetik profesörü olan Julian Vincent (2001: 3) şunları ifade etmektedir: "... *şu anda mekanizmalar açısından biyoloji ve teknoloji arasında yalnızca yüzde 10'luk bir örtüşme vardır*".

Birçok çalışma, biyomimikrinin hala tam olarak anlaşılmadığını göstermiştir. Benyus'a (2011: 6) göre biyomimikrinin ne olduğunu anlamak için önce ne olmadığını anlamak gerekir. İnsanlar biyomimikriyi doğru anladıklarını ve uyguladıklarını düşündüklerinde aslında farklı şeyler yaparlar. Biyomimikrinin ortaya çıkışından bu yana, biyomimikri ile neredeyse eşanlamlı ve benzer, araştırmaya değer bazı terimler ve kavramlar zaten olmuştur. Kısaca bile olsa, biyomimikriyi diğer biyo-ilhamlı yaklaşımlardan ayırt edebilmek için farklı tanımları ve görüşleri aracılığıyla daha iyi anlamak için bunların yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir; kısacası, biyomimikrinin ne olduğunu ve ne olmadığını anlamak ve bu tezde neden bu terimin tercih edildiğini daha iyi anlamak gereklidir.

Biyomimikri ile aşağı yukarı eşanlamlı olan "biyomimetik", "biyonik", "biyognoz" ve "biyonik yaratıcılık mühendisliği" gibi pek çok kavramın yanı sıra biyomimik ile sınırlanan "biyomekanik" ve "biyofizik" gibi disiplinler de bulunmaktadır (Volstad ve Boks, 2008: 2). Doğayı tasarımda kullanmanın birçok yolu vardır. Doğa ve tasarımı birleştirmek için sıklıkla kullanılan doğal analojinin de birçok farklı uygulama şekli vardır. Doğal analojinin farklı alanlarda kullanılması

“biyomimetik”, “biyonik”, “biyomimikri”, “biyo-ilham” gibi farklı isimler ortaya çıkarmaktadır. Aslında tüm bu terimlerin anlamı hemen hemen aynıdır: kopyalanmış, uyarlanmış veya doğadan dönüştürülmüş şeklindedir (Vincent, 2009: 8).

Öncelikle biyomimikrinin ne olduğu konusundaki kafa karışıklığını ortadan kaldırmak için yukarıda bahsedilen biyomimikri ve biyomimetik terimlerinin temelde eş anlamlı olduğunu belirtmek gerekir. Biyoloji biliminin mühendislik, tasarım, kimya, elektronik vb. alanlardaki mekanizma ve işlevlerinin pratik kullanımına dayanan biyomimetik, nispeten genç bir çalışmadır. Julian Vincent (2007) biyomimetiği “biyomimesis”, “biyomimikri”, “biyonik”, “biyognoz”, “biyolojik ilhamlı tasarım” ve benzeri kelime ve deyimlerle eş anlamlı olarak alıyor.

Biyomimetik ilk olarak Otto Schmitt tarafından kullanılmıştır. Doktora tezi örnekleneyecek olursa, Otto bir sinirin elektriksel hareketini taklit eden fiziksel bir cihaz üretmeyi tamamlamaya çalışmıştır (Vincent, 2009: 8).

Biyomimikri ile biyomimetik arasındaki fark açıkça Reed, Klumb, Koobatian ve Viney (2009: 1572) tarafından şöyle tanımlanmıştır: Biyomimikri aynı anlama ek olarak bir tasarım sürecidir; biyomimetik, bu tasarım sürecinin uygulandığı çalışma alanıdır. Tasarımda sıklıkla biyomimikri, mühendislikte ise daha çok biyomimetik terimi tercih edilmektedir (Boğa Akyol ve Timur Öğüt, 2016: 21).

Biyomimetik ve biyomimikri terimleri arasındaki tek dikkate değer fark, biyomimetiğin bazen askeri teknoloji gibi çaba alanlarına uygulanabilmesi, biyomimikri teriminin ise özellikle sürdürülebilir çözümler geliştirmeye odaklanırken kullanılmasıdır (Pawlyn, 2019: 2).

İkinci olarak, ilgili diğer bir kelime olan biyonik 1960 yılında ABD Hava Kuvvetleri’nden Jack Steele tarafından ortaya konmuştur. Ohio, Dayton’daki Wright-Patterson Hava Kuvvetleri Üssü’nde yapılan bir toplantıda ortaya atılan terim, “*doğa veya doğal sistemlerin veya benzerlerinin özelliklerini temsil eden bir işlevi olan sistemlerin bilimidir*” (Vincent, 2009: 8). Açıklığa kavuşturulması gereken biyomimikriden oldukça farklı bazı terimler vardır; “biyo-kullanım”, “biyo-destekli” ve “biyofili”.

Biyo-kullanım, doğanın faydalı amaçlar için doğrudan kullanımı ile ilgilidir. Örneğin, evaporatif soğutma üretmek için binaların içinde ve çevresinde bitkilendirme yapılabilir (Pawlyn, 2019: 2).

Benyus (2011: 6)’a göre “*Biyo-kullanım, bir ürünün veya üreticinin hasat edilmesini gerektirir, örneğin zemin için odun kesmek veya şifalı bitkiler yapmak*

şeklindedir. Aynı zamanda, bir işlevi yerine getirmek için bir organizmayı evcilleştirmeyi içeren biyo-destekli teknolojilerden de belirgin bir şekilde farklıdır; su veya süt üretmek için yetiştirilen ineklerin bakteriyel saflaştırılması gösterilebilir”.

Biyomimikri doğaya atıfta bulunur ve ondan fikir alır; bir organizmaya, toz ve kir parçacıklarını geri zorlayan bir lotus bitkisinin yapısı gibi fiziksel bir plana, güneş ışığından enerjiyi yakalamak ve depolamak için yapay fotosentez oluşturma durumunda olduğu gibi kimyasal bir reaksiyondaki bir işlem adımına bakarlar veya endüstriyel simbiyozda zaten kullanılan besin döngüsü gibi bir ekosistem ilkesi ve onlardan fikirler ödünç almaktadır. Orijinal her zaman doğada kalır, böylece başkalarından ilham alınabilir (Petrig, 2013: 8).

Biyomimikri ve biyo-ilham yaklaşımları karşılaştırıldığında, her iki yaklaşımın ortak noktası doğadan öğrenmek istemeleridir. Ek olarak, burada ethos, (yeniden)bağlanma ve öykünme; biyomimikrinin altında yatan üç kavramsal köşe taşı, biyomimikriyi diğer biyo-ilhamlı yaklaşımlardan ayırır. Temel unsurlar bir araya geldiğinde, biyo-ilhamlı tasarım biyomimikri haline gelir (Rovalo ve McCardle, 2019).

Doğanın yeni bir kavram olmadığı söylenebilir. İnsanlık tarihinin erken dönemlerinden beri doğa, tasarım sürecinin her aşamasında ses bulmuştur. Sanatçılar, mimarlar ve mühendisler yüzyıllar boyunca doğayı etkilemiştir. Doğal şekiller, desenler, yapılar, yapım ilke ve teknikleri birçok şekilde ve biçimde kullanılmıştır. Tarih, doğa ve tasarım ilişkisini bütünleştiren bu yaklaşımların örnekleriyle doludur (Primlani, 2013).

Tasarımda doğanın kullanımı, insanlık tarihinden beri gerçekleştirilen çok eski bir eylemdir. İnsanlarla yapay şeyler arasındaki ilişkinin başlangıcından beri hep doğaya bakmışlardır (Boğa Akyol ve Timur Ögüt, 2016: 21). Bir fikrin biyomimikrisinin ne kadar eski olduğunu gösteren birçok örnek bulunmaktadır. Örneğin, kanıtlanmamış olsa da insan yapımı kubbelerin muhtemelen yumurta formundan ilham aldığına inanılmaktadır (Pawlyn, 2019: 5).

Biyomimikri terimi sadece birkaç on yıl önce duyulmaya başlasa da insanoğlu aslında binlerce yıldır doğadan öğreniyor ve onu kopyalıyor. Atalarımız vahşi doğada avcılarının avlanma stratejilerini gözlemledi ve taklit etti. Vücut zırhı oluşturmak için balık ve sürüngenlerdeki pulların özellikleri ve sanatta ve mimaride doğanın geometrik oranları taklit edildi (Brennan, 2015: 440).

Biyoloji, tarih öncesi insandan beri tasarıma ilham veren bir olgudur. Mızraklar hayvanların dişlerinden yapılmıştır. Büyük yırtıcıların etkili sinsi avlanma tekniği taklit edildi. Yenisi, bu biyolojik stratejileri tasarım yeniliklerine dönüştürmeye çalışırken metodolojik bir çerçevenin geliştirilmesidir (Kennedy, Fechey-Lippens, Hsiung, Niewiarowski ve Kolodziej, 2015: 66).

Günümüzde yeni olan, doğayı taklit etmek için kullanılan tekniklerin teknolojiye gelişmelerle birlikte değişmesinden dolayı, doğa taklidinin daha sistemli ve ayrıntılı hale gelmesidir (Boğa Akyol ve Timur Öğüt, 2016: 21). Çağdaşlarından her zaman önde olan Leonardo da Vinci, ileri görüşlülüğü sayesinde bu konuda kuşkusuz bir öncüydü. Uçan kuşları gözlemledi ve üzerinde çalıştı; sonuç olarak, bazı makineler tasarladı. Buna rağmen uçmayı başaramadı (Vincent 2007: 9).

Fransız entomolog René-Antoine Réamur tarafından 1719 civarında pamuk ve keten lifleri yerine kâğıt üretimi için yeni bir alternatif ortaya atıldı. Önerisi, yaban arılarının doğada yaptığı gibi odun hamuru kullanmaktı. Ayrıca, Sir George Cayley 1809'da daha düşük sürtünme katsayılarına sahip gemi gövdeleri geliştirmek için gemi mimarisi üzerine bir çalışma yaptı. Bu nedenle, yunusların ve alabalıkların aerodinamik formlarını araştırdı (Pawlyn, 2019: 5).

Tasarımcılar sürdürülebilir ürünlere yönelik artan talebi karşılamaya çalıştıklarından, biyomimikri son 15 yılda inanılmaz bir şekilde gelişti. Sonuç olarak, bunun gibi birçok çağdaş örneğini bulmak mümkündür:

Pawlyn'in (2019: 5) belirttiği gibi, biyomimikri bugüne kadar öncelikle bina tasarımında kullanılmıştır ve bu kullanım oldukça sınırlıdır. Örneğin araştırmalarda sıklıkla alıntılanan ve örnek olarak gösterilen termit tepelikleri ve örümcek ağlarından söz edilebilir. Son yıllarda, biyomimikri diğer alanlarda çok hızlı bir şekilde gelişmiştir. Bu alanlardan biri de endüstriyel tasarımıdır. Son yıllarda, endüstriyel tasarım ve tıp gibi diğer alanlarda biyomimikri çok hızlı bir şekilde gelişmiştir.

Hollington (2007: 35) biyomimetik görünüş ve stille ilgili olmayan bir teknik olduğunu savunmaktadır. Bir ürün zoomorfik olarak tasarlanabilir ancak bu gerekli değildir. Hollington, İngiltere doğumlu tasarım şefi Jonathan Ive'nın Apple'daki çalışmalarını örneklemektedir. Günümüz modası bir tür Bauhaus sonrası minimalizmdir. Apple'ın tasarım dili için keskin ve makine gibi görünüyor ancak sadeliği ve özenli malzeme kullanımı sayesinde tasarımları insancıl ve samimi hale geliyor. Keskin uçlu ve minimal telefon, biyomimetik/biyomimikri yaklaşımıyla tasarlanırsa birçok yenilikle donatılabilir. Bu nedenle, tasarımcılar için

biyomimikrinin, yetenekli olsa bile, bir ürünün görünümünü ve stilini mutlaka etkilemediğini anlamaları önemlidir.

2.2.2. Biyomimikri Yaklaşımı: Metodolojisi

Biyomimikride doğa, bir mal kaynağından ziyade bir fikir kaynağı olarak görülür. Dünyanın endüstriyel kültüründe bu yaşayan insanlar artık yeni bir bakış açısı ve diğer organizmalara değer vermenin yeni bir yolunu aramaktadırlar. Biyomimikri daha fazla insan tarafından uygulandıkça ve insanlar öğrenilebilecek canlı sistemleri fark ettikçe, biyoçeşitliliğin korunması iddiası kendiliğinden oluşmaya başlamaktadır (Benyus, 2011: 7).

Sonuç olarak, eğer insanlar bilinçli olarak doğanın dehasını taklit etmek istiyorlarsa, doğal dünya bilinçli ve bilimsel olarak ele alınır. Biyomimikride insanlar doğaya model, ölçü ve akıl hocası olarak bakarlar. Bu biyomimikri yaklaşımıdır. Flint (2013) bunu ayrıntılı olarak açıklamaktadır:

1. Model olarak doğa:

Doğanın modellerini incelemek ve bu biçimleri, süreçleri, sistemleri ve insan sorunlarını çözmek için stratejileri taklit etmek yeni bir bilim olan biyomimikriye aittir. Sürdürülebilirliğin sağlanması örnek olarak verilebilir. Biyomimikri loncası ve işbirlikçileri pratik bir tasarım aracı geliştirmişlerdir. Biyomimikri Tasarım Spiralidir ve doğayı model olarak kullanmak içindir.

Macnab (2012: 210) “Doğadan Tasarım: Tasarımda evrensel formları ve ilkeleri kullanmak” adlı kitabında Biyomimikri Tasarım Spiralinden bahseder. Biyomimikri Tasarım Spirali, yaşamın dehasına danışmak için biyomimikri sürecini tanımlar ve yenilikçilerin doğal dünyadan ilham alan biyolojik süreçleri kullanmalarına yardımcı olmak için bir rehber görevi görür. Süreçler daha sonra nihai tasarımın doğayı biçim, süreç ve ekosistem olan tüm seviyelerde taklit ettiğinden emin olmak için değerlendirilebilir. Bir araç olarak biyomimikri, mühendislik, yönetim, tasarım, mimari, işletme vb. gibi çeşitli alanlardan yenilikçiler tarafından daha sürdürülebilir ve kalıcı tasarımlar oluşturmak için kullanılabilir. Bu spiralleri tasarım sürecini yönlendirmek veya mevcut tasarım süreçlerine dahil etmek için kullanabilirler.

Macnab (2012: 210), bu sürecin yinelemeli bir yapıya sahip olduğunu söyleyerek devam eder, bu yüzden bunu vurgulamak için spiraller kullanılır yani, bir zorluk çözülür ve hayatın ilkelerini ne kadar iyi karşıladığı değerlendirildikten sonra

ortaya çıkar ve tasarım süreci yeniden başlar daha sonra sıklıkla başka bir meydan okuma çözülür. Literatüre göre bir tasarım süreci olarak biyomimikri, tasarım spirallerinin iki temel bölümünde özetlenebilir. Bunlar Biyolojiden Tasarıma ve Biyolojiye Meydan Okumadır.

İlk yaklaşım dolaylı yöntem olarak tanımlanmıştır. Doğa tarafından bilgilendirilir. Bu yaklaşımda, biyolojik bir özelliğin tanımlanmasından ve insan tasarımına potansiyel olarak uygulanabilirliğinden biyolog veya ekolojist sorumludur. Spirali Tasarlamak için Biyoloji ile çalışırken, bir tasarımcı veya öğrenci önce doğadaki stratejileri ve uyarlamaları gözlemler ve ardından bu biyolojik bilgiyi bir tasarım projesi için bir yönerge olarak nasıl uygulayacağını düşünür. Tasarımcının bakış açısından dezavantajı vardır, çünkü tasarımcının sürecin başından itibaren tasarım parametreleri üzerinde hiçbir kontrolü yoktur. Bu yöntem, güçlü disiplinler arası iş birlikleri gerektirmesine rağmen, insan tasarımına benzeri görülmemiş şekillerde katkıda bulunma potansiyeli sağlar. İkinci yaklaşım doğrudan yöntem olarak etiketlenmiştir. Bir tasarım problemini formüle etmek için bir tasarımcı ve doğada ilgili bir tasarım çözümünü bulmak için bir biyolog gerektirir. Biyoloji Spirale Meydan Okuma ile çalışırken, bir tasarımcı veya öğrenci önce bir tasarım problemini tanımlar ve ardından bu zorluğa çözümler için doğal dünyayı keşfeder. Bu durumda, tasarımın ilk hedefleri tasarımcı tarafından kontrol edilir. Öte yandan, tasarımcı bilimsel araştırmayı konuyu derinlemesine anlamadan yapıyorsa veya biyolojik bilginin tasarıma iyi bir çevirisini yapamıyorsa, insan tasarımı yüzeysel kalabilir. Her iki durumda da tasarımcılar tarafından doğal ilke ve süreçlerle ilgili stratejiler kullanılır (Macnab 2012: 210).

Benyus (2011), doğanın sadece hayatın dehasından ders almak için bir model olarak alınmayacağını öne sürmektedir. Ayrıca doğa bir ölçü ve akıl hocası olarak düşünülmelidir. Benyus (2011: 7) şu soruların sorulması gerektiğini ifade etmektedir: “Burada doğa ne yapmalı (bir model olarak doğa), burada doğa ne yapmıyor (ölçü olarak doğa) ve neden ya da neden olmasın? (Akıl hocanız olarak doğa)”.

2. Bir ölçü olarak doğa:

Biyomimikri, yeniliklerimizin sürdürülebilirliğini değerlendirdiği için ekolojik bir standart kullanır. Life’s Principles doğanın ölçü olarak alınmasını sağlar ve Biyomimikri Tasarım Spirali’nin değerlendirme aşamasına gömülüdür. Life’s Principles, tasarımcının çözümleri doğanın özelliklerine karşı test ettiği bir çerçeve ve

filtre oluşturur. Hayatın İlkeleri, doğanın dokuz yasasını içerir. Janine Benyus, bunun sürdürülebilirliği ölçmek için önemli bir araç olduğunu düşünmektedir.

3. Bir Akıl Hocası Olarak Doğa:

Biyomimikri, doğayı görmenin ve ona değer vermenin yeni bir yolu olarak kabul edilir. Doğal dünyadan ne çıkarabileceğimize değil, ondan ne öğrenebileceğimize dayanır.

Biyomimikri ayrıca Asknature.org adlı başka bir araç önermektedir: Biyoloji bilgisini birleştirmeye yönelik zorlukları göz önünde bulundurarak önerilen bir araçtır. Doğal sistemler ve organizmalar için çevrimiçi bir ilham kaynağı olarak oluşturulmuş ücretsiz, açık kaynaklı bir projedir. Doğa hakkında bilgi paylaşmak isteyen biyologlar ile doğadan gelen bu bilgileri çözüm geliştirmek için kullanmak isteyen tasarımcılar, mimarlar, mühendisler vb. arasındaki boşluğu kapatmayı amaçlar. Doğadan ilham alan stratejiler aracılığıyla doğal sistemleri ve organizmaları sınıflandırmak için sistematik bir yaklaşımdır. Bunu başarmak için web sitesi, ilgi duyulan stratejilerin bulunabileceği, doğal sistem ve organizma örneklerine ulaşılabilen bir Biyomimikri Taksonomisi sunmaktadır (Bakırlıoğlu, 2012: 25).

Biyomimikri alanı çok çeşitli strateji ve yaklaşımları kapsar ve her biri farklı bir yaklaşıma sahip ve biyomimetik, biyonik ve biyo-ilhamlı tasarım gibi farklı terimler kullanan çeşitli araştırma grupları ve enstitüler bu alanda uzmanlaşmıştır (Vincent, 2009, Bhushan, 2009; de Pauw, Kandachar, Karana, Peck ve Wever, 2010: 7).

En temelde biyomimikri, temel öğeler olarak adlandırılan üç temel değere dayanır. Bunlar aynı zamanda biyomimikri tohumları olarak da adlandırılabilir: ethos, (yeniden)bağlanma ve öykünme. Ayrıca biyomimikri uygulaması bu üç tamamlayıcı temel tarafından somutlaştırılır (Baumeister, Tocke, Dwyer, Ritter ve Benyus 2012: 4). Temel Öğeleri bir araya getirerek, biyo-ilham veren tasarım biyomimikri haline gelir.

Ethos: Ethos ögesi, biyomimikrinin neden uygulandığına ilişkin temel felsefenin özünü oluşturmaktadır. Biyomimikrinin sürdürülebilir tasarımla kesiştiği nokta olan Ethos, yaşam koşulları yaratırken doğanın öykünmesinden kaynaklanmaktadır (Rovalo ve McCardle, 2019).

Sürdürülebilirlik etiğine bir yaklaşım olan biyomimikri, yeniliklerin “doğruluğunu” değerlendirmek için kendi Yaşam İlkelerini kullanır, çünkü doğa zaten neyin işe yaradığını, neyin uyduğunu ve neyin sürdüğünü 3,8 milyar yıllık evrimden

sonra öğrenmiştir (Benyus, 1997, Petrig, 2013). Kısacası, ethos ögesi, sürdürülebilir bir dünyayı desteklemek için sürdürülebilir tasarımlar aramakla ilgilidir.

(Yeniden)Bağlan: (Yeniden)Bağlan ögesi, insanların doğanın bir parçası olduğu ve ondan ayrı olmadığı anlayışını temsil eder. Doğanın ve insanın aslında iç içe olduğu anlayışını pekiştirmeye çalışır. Aynı zamanda bu unsur, bir yaratıcılık ve bilgelik kaynağı olarak doğanın geri kalanıyla bağlantıyı araştıran bir uygulama ve zihniyettir (Petrig, 2013).

(Yeniden)Bağlan, doğanın nasıl algılandığı konusunda farklı bir zihniyete sahip olmakla ilgilenir. Hedeflenen, doğadan almak yerine doğadan öğrenmektir, böylece doğaya değer veren bir çağ yaratılabilir (Benyus, 1997, Petrig, 2013). Bu unsur, biyomimikri ve biyofilmin güçlü bir şekilde bağlantılı olduğu yerdir.

Öykünme: Öykünme ögesi, doğada bulunan ilkelere, kalıplardan, stratejilerden ve işlevlerden öğreniyor, ardından öğrenilen dersleri insan sorunlarını çözmek için tasarıma uygulanmasıdır. Bu unsur, biyomimikrinin yenilik ve tasarım yönünü temsil eder (Rovalo ve McCardle, 2019).

Bunlardan, biyomimikrinin geniş bir alana yayıldığı ve biyomimikriye yaklaşmanın birçok farklı yolu olduğu anlaşılabılır. Araştırmanın kapsamını daraltmak için bazı noktaların tartışılması ve açıklanması gerekmektedir.

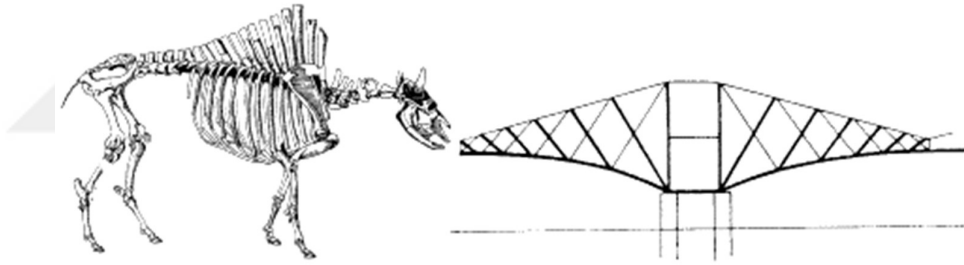
2.2.3. Biyomimikri ve Mimarlık

Mimarlar için tasarım fikirleri geliştirirken biyolojik ilhamlar, kökleri neredeyse mimarinin ilk tasarımlarına dayanan uzun soluklu bir yaklaşımdır. Doğayı çoğunlukla görsel algıya bağlı olarak insan anlayışının sınırları içinde gözlemlemek (Beveridge ve Perkins, 1987), mimarların iki farklı alan, yani biyoloji ve mimarlık arasındaki benzerlikleri bulmasına yardımcı olur. Bu analogiler en az iki ilham düzeyi getirdi; biri görsel görünüm ve kompozisyon, diğeri ise işlevsel olanıdır.

İlk ilham grubu, yani görsel görünüm ve kompozisyon için Steadman (2008), sanat eserinin ‘organik’ bütünlüğünün güzelliğin kaynağı olduğunu belirtir. Tasarıma taşınan doğanın fiziksel özellikleri ile doğrudan ilgili olan bu kavram, daha sonraki bölümlerde derinlemesine incelenen ve buna bağlı olarak üretilen organik bütünlükten etkilenen mimarların örnekleriyle doğrudan ilişkiyken bu çalışma için de çok etkili olmuştur. Steadman, işlevsel yoruma yol açan “güzel” ve “faydalılık” arasındaki eşdeğerliği tartışmaktadır.

19. yüzyılın başlarında, biyolojide doğal organizmaları mekanizma olarak kabul edip etmeme konusunda büyük bir tartışma vardı. George Cuvier laboratuvar çalışmasında mekanik felsefeyi sorguladı ve “canlıları insan endüstrisi tarafından yaratılmış makinelermiş gibi karşılaştırarak ve inceleyerek organik formların nasıl icat edilmiş olabileceğini kavramaya çalıştı (Steadman, 2008: 45). Bu, daha sonra D’Arcy Thompson’ın anatomi ve bina inşaatı arasında analogiler çizmesine yardımcı oldu. Forth Bridge, 1889’da İskoçya’nın doğusunda inşa edilmiş bir konsol demiryolu köprüsüdür, bir örnek, köprü’nün yapıcı tüplerinin bağlantı yöntemleri ile bambu sapları arasındaki benzerlikler gibi birçok analogiyi içerir.

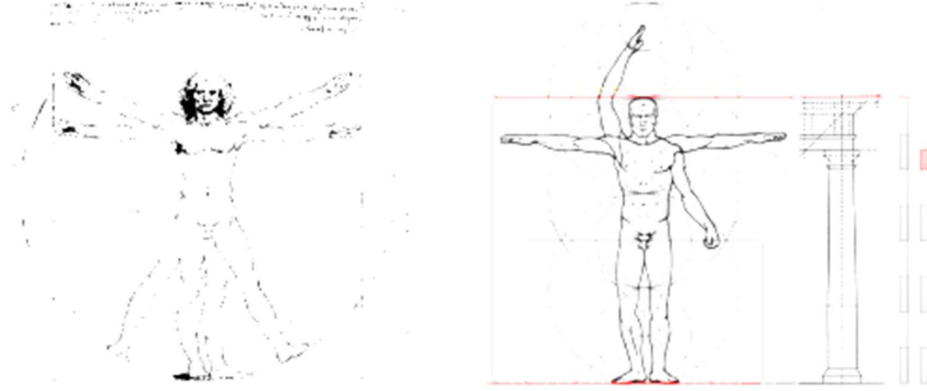
Mainstone (1975), köprü’nün çift konsol sistemini ağır bir bizonun iskeletiyle karşılaştırarak, vücut ağırlığını taşıyan kemiklerin bir araya gelip binayı taşıyan yapısal elemanlar olarak bütünleşmesini gösteren görsel bir benzetme yoluyla bir analogi kurmuştur: ayaklar köprü’nün ayaklarına karşılık gelir ve omurga, boyun ve kuyruk bu desteklerden dışarı doğru çıkıntı yapar.



Şekil 2.3. (a) Fossil bizon iskeleti, (b) Forth Bridge’in iki kollu konsolu

Kaynak: (Mainstone, 1975)

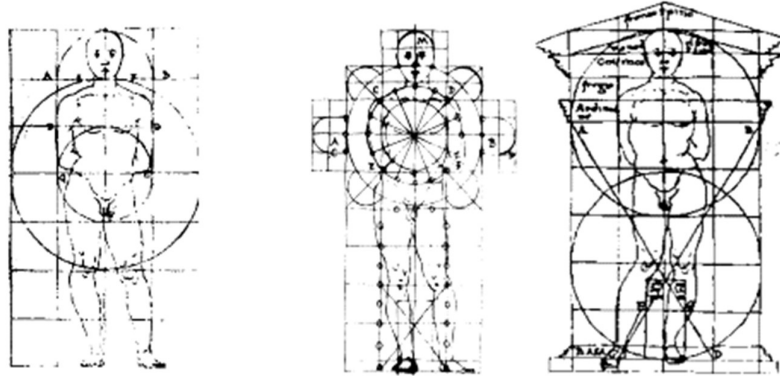
İlk mimari teorisyen Vitruvius’un antik çağda öngördüğü gibi, mimarlıkta biyolojik analogiden kaçmak neredeyse kaçınılmazdır. Vitruvius’a göre iyi mimarın üç ilkesi olan sağlamlık (dayanıklılık), utilitas (faydalılık) ve venustas (güzellik) doğanın taklidine dayanmalıdır. Bitkilere ve hayvanlara, kendi ayakları üzerinde durabilme, gerekli koşullara cevap verebilme ve mükemmel bir görünüme bakarak mimarın aynı özelliklere sahip olması gerektiğini öne sürmüştür. Onun benzetmesini takiben, Yunanlıların en büyük sanat eserinin oranlarını anlayan mimari düzenleri icat ettiğini iddia etmiştir.



Şekil 2.4. (a) Leonardo da Vinci'nin Vitruvius erkeklerini temsili, (b) Dorik sütunun insan oranıyla ilişkisi

Kaynak: (Vosniadou ve Ortony, 1989)

Yunanlılar, doğanın ilkelerini anlayıp açıklayabildikleri için, Vasari'nin iyi orantılı bir binanın niteliklerini tanımlayan daha genel kurallar çizebilmişlerdir. Tüm parçaları hem bir bütün olarak hem de insan vücudunu temsil etmesi söz konusudur. Vasari, 'cephhe insan yüzünün simetrisine sahip olmalı, kapı ağız gibi, pencereler gözler gibi vb.' oranlar ve plandaki ve cephedeki yapı elemanlarının boyutlarına uygulandığında görülebilir (Vosniadou ve Ortony, 1989).



Şekil 2.5. Leonardo da Vinci'nin Vitruvius erkeklerini temsili

Kaynak: (Vosniadou ve Ortony, 1989)

Organığın güzelliği ile yapay biçimlerin güzelliği arasındaki bu benzerliğin hem yapay hem de organik sanat eserlerinde bulunabilen temel matematiksel ilke olan "altın kesit"e bağlı olduğu kabul edilmiştir. Bu matematiksel kural, inşaatçıların karnabahar, ayçiçeği başı, ananasın kabuğu, salyangoz ve birçok hayvan boynuzu gibi doğada bulunan spiral formlarda olduğu gibi orantılı olarak artan daha büyük birimler ekleyerek artan bir büyümeyi işlemelerini sağlamıştır. Bu sarmal benzetme ile matematikçiler ve biyologlar, doğanın büyüme ilkesinin kendi yaratımlarına

uygulanabilecek düzenini bulduklarını düşünmüşlerdir. Bu noktada mimarlar sadece biyolojik referansları etki alanı analogileri arasında kullanabiliyorlardı, yani bitkilerin yüzeyel özelliklerini süs özelliklerinde kullanıyorlardı, çünkü doğal formların tüm biçimsel ilişkilerini kullanmalarına izin verecek yapısal benzerlikler kuramamışlardı. Bu, “organik formlar sabit ve mutlak” sonucunu getirmiştir, binalar ve türler çok uzak iki alana ait oldukları için görsel olanlar dışında başka bir ilişkiye sahip olmayabilirler (Coleman, 1964).

19. yüzyılda biyologlar türleri karmaşıklıklarına göre sınıflandırmaya başlamışlardır. Bitkiler ve hayvanlarla devam eden hayali varlıklar zincirinin en altında kayalar ve kristaller, en üstte insanlar vardı. Her farklılaşmış grup, dini inançları onu organik türlerin sabit, farklı ve her zaman için değişmez olduğuna inanmaya yönlendiren Cuvier’e göre boyut, şekil ve mekânsal düzenlemenin tanımlanmasına göre kategorize edildi. Bu sınıflandırma, o günlerde mimariyi de etkileyen bir terim haline geldi. Örneğin Durand, doğa tarihi ile mimarlık tarihi sınıflandırma yöntemleri arasında bir analogi kurmuştur. Cuvier’in mimari üzerindeki etkisi, biyolojinin ‘parçaların korelasyonu’, ‘tutarlılık’ ve ‘birlik’ gibi belirli konulara bağlı olarak sınıflandırma analogileriyle sınırlı değildi, çalışmaları işlev ve çevre ile ilişki üzerine odaklandı. Bu, başkalarının hayvan iskeleti ile yapısal kolon-kiriş çerçevesi arasında anatomik analogiler gibi analogiler çizmesini sağlamıştır. Bu aynı zamanda Horatio Greenough tarafından da şu şekilde yorumlanmıştır: “*Binanın ‘kabuğu’ yapısal ‘kemiklerinden’ ayrılır*”.

Viollet le Duc, Gotik binaları, doğanın kiler gibi insan tarafından şimdiye kadar üretilmiş en karmaşık ve eksiksiz organizma yapısı anlamında değerlendirmiştir. Cuvier’in görüşü ise “Doğa olarak sanatta bir organizma, yapının işlev tarafından belirlendiği ve formun yapının bir ifadesi olduğu birbirine bağlı parçaların bir araya gelmesidir” şeklindedir (Steadman, 2008: 45).



Şekil 2.6. Gotik tonozların karşı-dayanaklarını insan iskeleti ile karşılaştıran diyagram. Pratik Mimari Spesifikasyonlarından

Kaynak: (Steadman, 2008)

Goethe, bitkilerin mekânsal düzenine, büyüme stratejisine bakarak, bir bitkinin büyüme stratejisinin diğerine uygulanması yoluyla yeni bitkiler üretmenin mümkün olduğunu iddia ettiği bir teori oluşturmuştur. Bunun hayvanlar için de geçerli olduğunu belirterek morfolojik çalışmalar konusundaki argümanını daha da ileri götürmüştür. Goethe'nin botanik çalışmalarının büyük bir takipçisi olan Darwin, düşüncelerini Cuvier'in türler için ortak özellikleri ile beslemiş ve aynı zamanda büyümenin devamı ile ilgilenmiştir. Çevrenin etkisini ve organlar arası korelasyonu kullanarak organlar tarafından gerçekleştirilen işlevlerin devamının çevresel faktörlere bağlı olduğunu savunarak yeni bir hibrit model önermiş ve türler arasındaki varyasyonları açıklamıştır ve neden bazı soyu tükenmiş türlerin olduğu üzerine yoğunlaşmıştır (Collins, 1978). Darwin'in adaptasyon, dönüşüm, mutasyon ve doğal seçilimi kapsayan evrim teorisi, farklı türlerin büyüme stratejilerini morfolojilerine göre sırayla açıklayan D'Arcy Thompson'ın On Growth and Form (1945) tarafından kullanılmıştır.

Doğal organizmaların bölümlerindeki eşit olmayan büyüme, organizmaların büyümesinin matematiksel açıklamalarıyla ilgilenen biyologlar tarafından sorunsallaştırıldı. Bitkilerin boylarındaki çeşitlilik ile insan bebeğinin yaşamları boyunca değişen vücut parçaları arasında kurulan büyüme analojisi, organik formun sonucu olarak kabul edilen bir 'allometriye' bırakmıştır. Bu tür allometrilere mimaride de bulunabilir. Örneğin, uygulanan yüklere göre kalınlaştırılan kolonların oranları gösterilebilir.

Eidlitz, Sullivan'ın ünlü mottosu olan form işlevi takip eder'de olduğu gibi, yirminci yüzyılın başında mimarlar ve sanatçılar arasındaki biyoteknik anlayışlarını gösteren "biçim işlevi mi izler, yoksa işlev biçimi mi izler?" tartışmasına geri

götürüyor. Bu fikirler “form, fonksiyonun ve optimizasyonun gerekli sonucudur” üzerinde yoğunlaşmıştır (Mertins, 2007). Biçim ve işlev ilişkisi, yukarıda yararlılık analojisi olarak bahsedilen işlevsel analojide güzellik için gerekli bir koşul olarak kabul edilirken, biyolojik analojilerde yaşam için gerekli bir koşul olarak kabul edilir.

Sullivan ve halefi Frank Lloyd Wright, biçim işlevi takip eder’in takipçileri, onun doğadaki kökenlerini mekanik metaforlarla ilişkilendiriyorlardı (Steadman, 2008). Sullivan, insan vücudunu, önceden belirlenmiş bir sırayla çalışan makine parçaları gibi, yaşamak için gerekli işlevleri sürdürmek için bir organlar kabı olarak görmektedir. Frank Lloyd Wright, insan vücudu-makine analojisini bir başlangıç noktası olarak kullanarak, doğayı temsil eden makineyi mimari için ilgili bir modele sentezlemiştir: “Makine dediğimiz bu şey... İnsanın İradesi Yoluyla Yaşam İradesi” (Heynen, 2004).

Le Corbusier makine-doğa analojisini benzer şekilde almış ve “bir ev içinde yaşamak için bir makinedir” mottosunu ilan ederek binaları makinelere benzer yapay organizmalar olarak görmüştür. Heynen (2004), “*makine mühendisliğinin yarattıkları, mükemmelliğe yaklaşan ve doğadaki yaratılanlarla aynı evrim yasalarına uyan ve hayranlığımızı uyandıran organizmalardır. Stüdyodan veya fabrikadan çıkan eserlerde [doğanın] ahengi mevcuttur*”.

Arkadaşları gibi Mies van der Rohe de yaşam formları geliştikçe mimari ve teknolojinin de geliştiği ile aynı görüşteydi. Ona göre mimari, tarihi ve malzemesi açısından değişen çevre ile yeni bir uyum sağlamalıdır (Mertins, 2007). Doğal ve yapay iletişim arasında yapısal analojiler kurduğu doğanın örgütsel ilkelerine bakmaktaydı. Doğal iletişim, organizmaların iç organları içinde ve dışarıya için diğer organizmalar ve çevre arasında gerçekleşmektedir. İnsanların içeride ve dışarıda hareket etmesine ve değiş tokuş etmesine izin veren, peyzaja açık bir yapı olarak bina arasında yapay iletişim oluşmaktadır (Mertins, 2007).

Sullivan’a hayranlık duyan Gaudi, kendine özgü bir doğa anlayışına sahipti. Gaudi, doğadan öğrenmek yerine doğayı öğrenmiş ve onu mimarisinin ebedi aynası olarak kullanmıştır. Doğuştan gelen “motor” tarafından yaratılan güzelliği tekrar etmeye çalışmış ve parçaların en harika düzenlemesini bütüne, bütünün de parçalara ulaşmasını sağlamıştır. Gaudi, doğayı her zaman bilgili bir öğretmen olarak konumlandığı usta ağaç analojisiyle doğaya olan tutkusunu dile getirirken şöyle demiştir: “*Doğanın en saf ve en hoş görüntülerini yakaladım. Daima efendim olan tabiat (...) Daima açık olan ve okumak için çaba sarf etmemiz gereken büyük kitap,*

tabiatın kitabıdır; diğer kitaplar bu kitaptan alınmıştır ve insanoğlunun hatalarını ve yorumlarını içermektedir. Her şey doğanın büyük kitabından gelir (...). Atölyemin yanındaki bu ağaç: Bu benim ustam!” (Estevez, 2015: 246)

Gaudi, doğaya benzetmeyi “nesnel güzellik” olarak tanımlamıştır (Estevez, 2015). Binanın doğal bir organizma olarak desteklemesi gereken gerçek yükleri simüle etmeye çalışmıştır. Gaudi, ana ilham kaynağının doğa olduğu mimari temsillerinde görsel hatırlama ipuçlarını kullanmaktaydı (Beveridge ve Perkins, 1987). Beveridge ve Perkins’e (1987) göre, doğanın kullanımı “*görsel bir hatırlama ipucu, yani analog çözüm içindeki görsel uyaranın ilk durumuna uyan problem içindeki görsel bir uyaran olarak hareket edebilir*”.

Gaudi, Sagrada Familia’nın inşası için baş mimar olarak görevlendirildiğinde, kendisini Tanrı’nın yaratılışının güzelliğini ifade etmeye ve onu mimarisinde temsil etmeye adanmıştır. Bunu yapmak için olabildiğince yükseğe inşa etmeye çalıştı ve bütün için çok önemli olan her parçayı birbiriyle ilişkilendirmiştir. Yerçekimi etkisinin mümkün olduğunca azaltılması gerektiğini anladığı için, yük taşıyan yapıyı bilimsel olarak analiz etmiştir. Gaudi, yerçekimini binayı kendi ağırlığı altında çökerten daha büyük bir çekici kuvvet olarak değil, kendi kütesini kullanarak binayı ayakta tutan itici bir kuvvet olarak aldığı ters zinciri kullanarak deneyler yaptığı bir yerçekimi analogisini izlemiştir. Bu, aynı zamanda, doğal sistemlerin vücut bölümlerine göre fiziksel öz örgütlenmesini taklit etmesine de yardımcı olmuştur.



Şekil 2.7. (a) Antoni Gaudi’nin tasarım geliştirmede kullandığı Sagrada Familia’nın asma zincir modeli (ters çevrilmiş katener kemeri), (b) Sagrada Familia’nın ağaç yapıları ve ters katener model kombinasyonundan esinlenen iç yapısı

Kaynak: (Frazer, 1995)

Gaudi'nin fiziksel deneyleri, 20. yüzyılın sonlarında mimarlar tarafından analogilerin kaynağı olarak kullanılmıştır. Biyoloji, genetik, makine endüstrisi ve büyük ölçüde bilgisayarlara dayanan gelişmelerin yardımıyla mimarlar, morfolojik süreçlerinin iç mantığına bakarak doğanın alanına dalmaktadırlar (Frazer, 1995).

Frei Otto, Gaudi'nin doğal formları verimli kullanımından çok ilham alan tasarımcılardan biriydi. Spesifik yapılar elde etmek için malzemelerin optimal kullanımı ile ekonomi ve yapı açısından yapı malzemelerinin akıllıca kullanımı arasında doğal formlar arasında bir verimlilik analogisi kurmuştur. Otto, doğanın yapı ilkelerini farklı ölçek ve maddesellikte taklit etmeye çalıştığı hafif yapılarında kullanmak üzere yaprakların dokusundaki ve yapısal boru şeklindeki damarlarındaki hücresel düzenlemelere bakmaktaydı (Mertins, 2007).



Şekil 2.8. (a) Bir yaprağın damarları ve dokusu, (b) Frei Otto tarafından tasarlanan Münih Olimpiyat Stadı çatısı, 1972

Kaynak: (Mertins, 2007)

Otto gibi, Buckminster Fuller de doğanın elde ettiği optimal yapılarla uğraşmaktaydı. Ancak doğada meydana gelen evrimin mimaride de olabileceğini düşünerek konuya daha evrimci bir yaklaşımla yaklaşmıştır. Doğadaki doğal seleksiyon mekanizmalarına bakılarak, artık kullanılmayan teknikler için mimari seleksiyon yapılması gerekmektedir (Steadman, 2008). Petek, sabun köpüğü gibi doğada bulunan başarılı desenlere bakarak analogiler çiziyor ve mimari için çığır açan bir hibrit jeodezik kubbe modeli inşa ediyor. Hem Fuller hem de Frei Otto, morfolojik çalışmaları için doğal desenlerin algoritmik bir anlayışını kullanmışlardır; Otto, işlevsel tasarımını doğal ilkeler üzerine modelleyerek performans ve verimliliği artırmaya çalışan biyomimikri yönüne doğru giderken, Fuller biyomorfizmi izliyordu; başka bir deyişle, doğada bulunan formları takip etmeyi öğrenmeye hevesliydi.

Santiago Calatrava, tasarımlarında biyolojik analogiler kullanma konusunda en başarılı mimarlardan biri olarak kabul edilir. Analogilerinde, organizmaları yapı veya

parçalara dönüştüren optimize edilmiş özelliklerini kullanır. Yüzeysel analogiler ve benzerlikler de kullanır (Gentner ve Markman, 1997). Tasarımları, doğada karşılaşılabilecek karmaşık ilkelerle birlikte fiziksel benzerlikleri temsil ederek, doğanın karmaşık ve basit bir taklidi olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.9. (a) L'Hemisfèric in the City of Arts and Sciences in the City of Arts and Sciences, İspanya, 1998, (b) Oriente Station, Portekiz, 1998.

Kaynak: Calatrava'nın ağaç benzeri yapıları

Yeni çağda, bilgisayar ve yazılım sistemleri, çağdaş mimari uygulama ve araştırmalarında norm haline geliyor. Tasarımcılar, doğal ortama yönelik tasarımlar için tasarım görevlerini ve süreçlerini sanal ortamda yürütürler. Yazılım ortamlarında oluşturulan yapay dünyalar, doğrudan mimarlar, kendi kendine gelişme kapasitesine sahip doğa olarak kesintisiz bir sistem tasarlamaya/oluşturmaya odaklanır. Evrimsel mimari üzerinde çalışan tasarımcılar, biyolojik ortamdan alınan bilgiler arasında analogiler kurarlar ve yapay ortamın yaratılmasında kullanırlar. An Evolutionary Architecture'da (1995), Frazer, araştırmanın biçimlendirici süreç ve doğanın bilgilendirici sistemlerinin ilhamlarına odaklandığını belirtmiştir (Frazer, 1995: 10-11): *"İnsan yapımı çevrenin artık küresel eko-sistemin önemli bir parçası olduğu ve insan ve doğanın inşaat için aynı kaynakları paylaştığı anlamında mimarlığın kelimenin tam anlamıyla doğanın bir parçası olduğunu söyleyebiliriz. Buna karşılık, bizim için kodlanmış bir mimari kavramı tanımlamamız, doğanın genetik kod senaryosuna benzer"*.

Frazer, formların kodlanmış bir dizi yanıtlayıcı talimat olarak formüle edilmesini sağlayan doğadaki "plan"ı savunmaktadır. Gelişen ürünler, yeni tasarımların her zaman önceki bir varlığa dayandığı doğal olarak gelişen organizmalarla bağlantılı olabileceği belirtilmiştir. Doğayı duyarlı bir ortam olarak gören bu yeni bakış açısı, tasarımcıların doğal tepkileri basitleştirmelerine ve tasarımlarıyla sentetik olarak yapay ortamda taklit etmelerine yardımcı olmuştur.

Doğanın tasarımları ile insanın tasarımları arasındaki boşluğu kapatabilecek kodlanmış talimatlarla aynı tasarım sorunları için olası çözümler geliştirme şansı bulmuşlardır.

2.2.3.1. Doğadan Esinlenme

Geçmişten günümüze insanlar için doğadan her zaman esinlenme söz konusu olmuştur. Bu anlamda daha önce bahsedilmiş olan Leonardo da Vinci'nin çizimleri örnek gösterilebilir. Aşağıda verilen çizimlerde Da Vinci balıkların görünümlerinden esinlenerek gemiler çizmiştir. Başka çizimlerine bakıldığında kuşların kanat biçimlerinden yararlanarak uçak benzeri makine çizimleri yaptığı da görülmektedir. Da Vinci'nin bu çizimleri sonraki süreçlerde ilk uçağın çizimlerine hatta modeline ilham olmuştur. Tarihte ilk uçak çizimi olmasa da uçak icadının sahibi olan Wright Kardeşler 1903 yılında çizimlerine hayata geçirmişlerdir (Mazzoleni, 2013).

Tarihsel süreç içerisinde Leonardo Da Vinci'nin çizimlerinden sonra doğadan esinlenme adına 19. Yüzyılda hızlı gelişimler meydana gelmiştir. Bu gelişimler özellikle mühendislikte görülebileceği gibi genel olarak uygulamalı bilimlerin genelinde görülmeye başlanmıştır.

Doğadan esinlenme konusunda 1857 yılında Jean-Marie Le Bris tarafından yapılan uçan bir makine olan “yapay albatros” gösterilmektedir. Bu yapay albatrosun özelliği Jean-Marie Le Bris'nin yapmış olduğu bir gezi esnasında albatrosun uçuşunu görmesiyle gerçekleşmiştir.

1950'li yıllara gelindiğinde modern anlamda robotik gelişimlerin yükselişinin gerçekleştiği görülmektedir. Bu dönem içerisinde bilim insanları doğan esinlenerek birçok çalışmaya imza atılmaya başlanmıştır. Böylece insan yaşamında mühendislik gelişmelerine ilişkin doğadan esinlenmeye dair önemli bir aşamanın kaydedildiği söylenebilir. Öyle ki zaman içerisinde robotların yaşayan organizmalara olan benzerlikleri giderek artmıştır (Mazzoleni, 2013).

Doğadan esinlenme durmadan ya da gerilemeden hızla devam ederek teknolojiyle ilişkisini geliştirmeye devam etmiştir. Bunun en temel sebeplerinden birisi içine girilmiş olan iklim kriziyle ekolojik söylemlerin artmış olmasıdır. Bu söylemlerin başında biyomimikri kavramı yer almaktadır.

Biyomimikrinin özünde doğadan esinlenme yer alırken doğanın doğrudan taklit edilmesinden ziyade doğanın içinde sahip olduğu sistemin anlaşılacak teknoloji ile ilişkisinin kurulması anlamına gelmektedir. Bu anlamda doğada yer alan canlıların

ve sistemlerin taklit edilerek anlaşılması ve bunlarla insan hayatında önemli ekolojik dönüşümlerin yaşanması için ara yüzlerin geliştirilmesi süreçleri 20. yüzyıl ile başlamıştır.

Biyomimikri bağlamında literatüre bakıldığında dünyanın daha yaşanılabilir ve sürdürülebilir bir alan olması için doğadan yer alan tasarımların soyutlanması ya da taklit edilmesi şeklinde ifade edilen bir disiplin olduğu görülmektedir (Lopez ve diğ., 2017).

Biyomimikri kavramı ortaya çıkmadan önce biyometrik kavramı ortaya çıkmıştır. Biyometrik 1950 yılında insanlığın sahip olduğu problemlerin giderilmesi için doğanın milyonlarca yıldır geliştirmiş olduğu dokular ve sistemler üzerinde yapılan incelemelerle çözüm olanağı sunacağı fikrinden meydana gelmektedir. Biyometrik kavramının ortaya çıkmasını sağlayan bilim insanı ise Amerikalı bir mühendis olan Otto Schmitt'dir (Eggermont, 2007).

Biyomimikri kavramına bakıldığında ise biyometrik kavramından çok da uzun süre sonra ortaya atılmadığı görülmektedir. 1982 yılında bir doktora tezinde kullanılmış olduğu sonrasında ise Benyus tarafından yazılmış olan “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature (Biyomimikri: Doğadan İlham Alan Yenilik)” isimli kitap ile giderek popüler bir hal almış olduğu görülmektedir.

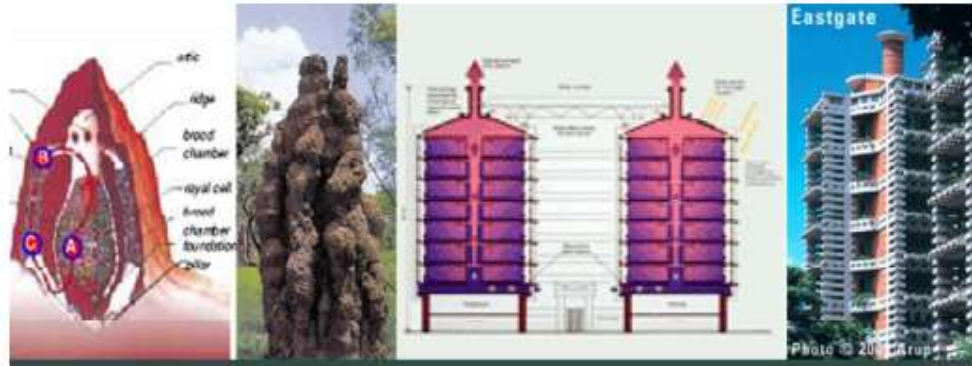
Benyus (1997) tarafından popüler hale getirilen biyomimikri kavramının uygulamalı bilimlerde daha fazla çalışılmasını sağlayan diğer araştırmacılar Steven Vogel ve Biyometrik Profesörü Julian Vincent isimlerdir.

Biyomimikri Vincent (2001) tarafından “*doğadaki iyi bir tasarımın soyutlanması*” şeklinde tanımlanmıştır. Pawlyn, (2019) tarafından yapılan biyomimikri tanımına bakıldığında ise “sürdürülebilir çözümler üretmek için biyolojik formların, sistemlerin ve süreçlerin işlevsel esasını taklit etme” şeklinde bir yorum getirildiği görülmektedir (Pawlyn, 2019).

Biyomimikrinin yanında biyomimesis kavramına bakılması gerekmektedir. Çünkü biyomimesis, çeşitli disiplinlerde yenilik yapmak ve çözümler sunmak için doğadan ilham alan farklı metodolojiler geliştirme eylemini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bugüne kadar mimaride biyomimesis, doğadan sayısız form, renk ve detaydan ilham alan bir “biçim bulma süreci” ya da sürdürülebilir/yeşil tasarımlar için çözümler sunmanın bir yolu olarak, anlayış ve kullanım açısından sınırlandırılmıştır.

Koelman'ın (2003) konuyla ilgili yorumlarından da anlaşılacağı gibi, Biyomimikri binalara üç temel yolla uygulanabilir; *“Daha güçlü, daha sağlam, kendi kendine birleşen ve kendi kendini iyileştiren malzemelerle; binaların ısıtma ve soğutma gibi bazı konfor gereksinimlerini karşılamak için doğal süreçleri ve güçleri kullanarak ve son olarak kaynakları tüketmek yerine sağlayarak sıfır atık ve birlikte evrim için Biyomimesis ilkelerini kullanarak/uygulayarak”*. Bu yaklaşımlar aslında Benyus'un beyanı ile iyi bir şekilde birleştirilmiştir.

Bu bağlamda, Harare, Zimbabwe'de Arup tarafından Eastgate binasının doğal havalandırma sistemine örnek olarak Afrika termit kulelerinden ilham alınmıştır. Termitler aşırı sıcaklıklarda çölde evlerini inşa ederler, ancak yine de binanın içini serin ve temiz tutmayı başarırlar. Höyükler, yerin altındaki sabit düşük sıcaklıkları kullanan çok akıllıca bir şekilde soğutulur. Koelman'a (2002) göre, tüm sistem perspektifinden bakıldığında, Afrika termit höyüğü, gelişmiş hayvan mimarisinin en iyi örneği olabilir ve tasarım sorunlarına (yapısal dayanıklılık, elementel koruma, havalandırma, nem kontrolü, vb.) mimarlar da karşı karşıyadır. Şimdiye kadar, en az bir bina bu sofistike havalandırma sistemini taklit etmede oldukça başarılı olmuştur. Bu açıdan Eastgate binası, en sıcak günlerde bile binayı serin tutmak için binanın HVAC tasarımında bir yenilik kaynağı olarak termit yuvalarını kullanmaktadır. Bu örnekte olduğu gibi, binaların havalandırılması ve ısıtılması/soğutulması için yüksek enerji tüketen HVAC sistemleri yerine doğadan ilham alan tasarımların kullanılması, daha çevre dostu ve yine de verimli bina sistemleri için daha fazla yenilikçi tasarım çözümlerinin potansiyelini göstermektedir.



Şekil 2.10. Afrika termit kulelerinden ve Arup tarafından Zimbabwe, Harare'deki Eastgate binasından kesit ve görünüm

Kaynak:URL-1

Bu sistemden ilham alan bir başka örnek de RH Partnership tarafından tasarlanan Cambridge'deki Ionica Building'dir. Bu binanın tasarımcıları, alçakgönüllü termitten ısıtma ve havalandırma özellikleri konusunda ders aldıklarını belirtmişlerdir. Bina içindeki sıcaklığı düzenlemek için doğal kaynaklar kullanılmış ve bunun sonucunda işletme maliyetleri %45 oranında azaltılmıştır.

Tasarımları veya içerdikleri yapı sistemleri ile ilgili olarak sürdürülebilir çözümleri nedeniyle Biyomimetik binalar olarak kabul edilen başka mimari tasarımlar da vardır. Örneğin, projede belirtilen beş alanının tamamında, Grimshaw tarafından tasarlanan Eden Project, Cornwall, İngiltere Biyomimetik olarak kabul edilmektedir. Amacı, bitkiler, insanlar ve kaynaklar arasındaki hayati ilişkinin anlaşılmasını ve sorumlu yönetimini teşvik ederek herkes için sürdürülebilir bir geleceğe öncülük etmektir.



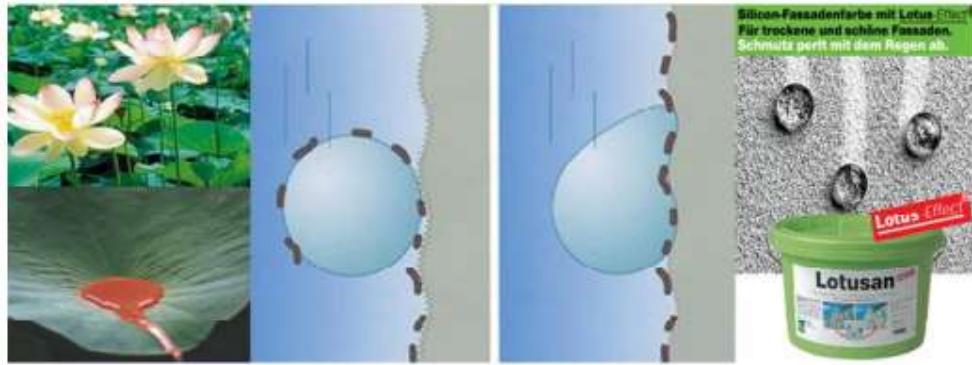
Şekil 2.11. Eden Projesi'nden Görünüm

Kaynak:URL-2

Aynı şekilde Danimarka'daki Kalundborg Endüstriyel Simbiyoz projesi de bir başka Biyomimetik yaklaşımdır. Simbiyoz, her birinin diğerinden fayda sağlayabileceği çeşitli organizmalar arasında bir arada yaşama anlamına gelir. Bu bağlamda terim, Kalundborg'da bir dizi şirket ile Kalundborg Belediyesi arasında gerçekleştirilen ve her biri birbirinin kalıntılarını veya yan ürünlerini kullanan endüstriyel iş birliğine uygulanmaktadır. Yukarıdaki projelerin tümü çevresel ve finansal olarak sürdürülebilir olarak kabul edilir. Son olarak, çift cidarlı bir cepheye sahip olan Plantation Place, London by Arup, güneşe yerel olarak tepki veren, güneşi sadece kesinlikle gerekli olduğu yerde veya dışarıda tutan bir kör sisteme sahiptir. Aynı zamanda daha çok insan ciğerleri gibi çalışan bir hava filtreleme sistemine

sahiptir. Kirli hava zemin seviyesinde tutulurken, daha temiz hava daha yükseklerden çekilir ve binaya pompalanır.

Biyomimesis, yeni sürdürülebilir malzemeler açısından binalara da uygulanabilir. Boyalardaki kimyasallar, toz ve kirlerle çevreyi kirletmeden yüzey kaplamalarını mümkün olduğunca uzun süre koruyarak daha temiz binalara duyulan ihtiyaç, Almanya Bonn Üniversitesi'nden Prof. Dr. Wilhelm Barthlott'u "Doğa yüzeyleri nasıl temizler?" bu soruya odaklanmış ve ipucu için yaprağın yüzeyini incelemiştir. Araştırma ekibi, doğanın, özellikle çamurlu ortamlarda yaşayan ve kendi kendini temizleyen bir yaprağa sahip olan "nilüfer" bitkisi başta olmak üzere, kendi kendini temizleme özelliği olan yüzeyleri yapılandırma yöntemine sahip olduğunu bulmuştur (Koelman, 2002). Bu anlayış, nilüfer yaprağı ile karşılaştırılabilir özelliklere sahip bir dokuya sahip yeni bir bina cephesi tipinin ortaya çıkmasına neden olmuştur: Yağmurdan gelen su damlacıkları yüzeyden yuvarlanarak, yıkandıkça kiri otomatik olarak temizliyor. Bir Alman firması, mimari malzeme olarak Lotusan adlı böyle bir ürün üretmektedir. Özetlemek gerekirse, 1970'lerde Profesör Barthlott'un nilüfer yaprağının kendi kendini temizleme özelliklerini keşfetmesi, ardından nanoyapısı ve tasarımının çevresel etkilerden kaynaklanan lekelenmeye karşı uzun vadeli direnç sağlamak için cam, plastik ve diğer malzemeler üzerine uygulanması üzerine çalışmalar yapılmıştır ve havadaki kirleticiler gibi, Biyomimetik tasarımın çok dikkat çekici bir örneği olmuştur.



Şekil 2.12. Lotus etkisi

Kaynak:URL-1

Son olarak önemli bir uygulama alanı da yeni yüzyılın ilgi alanına giren ve doğada da ipuçları ve yanıtları bulunan kinematik yapıların tasarımıdır (Arslan Selçuk vd., 2005). Kinematik tasarımın mimarideki önde gelen isimlerinden Zuk, tek bir hücrede olduğu gibi, atom altı parçacıklardan galaksilere kadar en karmaşık

organizmalara kadar yaşamın kendisinin de kalıtsal bir hareketi olduğunu iddia etmektedir: “...hareket durduğunda yaşam da durur” (Zuk, 1970).

Doğadaki tüm canlılar yaşamak için hareket etme yeteneğine sahiptir. Örneğin, hayvanlar göç etmek ve avlanmak için hareket eder veya bitkiler iklim koşullarına göre hareket eder ve hepsinin kendi hareket mekanizmaları vardır. Bu tür önermeler, Biomimesis kavramı mimari bir bağlamda iyi tanımlandığında genişletilebilir ve böylece yeni potansiyellerle doğada kökleri olan tasarım çözümlerine izin verir.

Sonuç olarak doğa tarih boyunca her zaman mimariyi teşvik eden bir kaynak olmuş ve net izler bırakmıştır. Günümüzde “mimaride biyomimesis” kavramı düşünüldüğünde, terim genellikle “mimarlıkta sürdürülebilirlik” terimi ile birbirinin yerine geçmektedir. Biyomimetik çalışmaların artmasının ve Biyomimetik düşünme biçiminin geliştirilmesinin mimaride köklü bir değişime yol açacağını söylemek de mümkündür. Bu saygılı taklit, kökten yeni bir yaklaşım, bir devrimdir. Yakın gelecekte, Biyomimetik Devrim, Sanayi Devrimi’nden farklı olarak, doğadan ne çıkarabileceğimize değil, ondan bir akıl hocası olarak ne öğrenebileceğimize dayalı bir çağ açacaktır.

Biyomimesis, mimariye tüm potansiyeliyle daha kapsamlı bir şekilde hizmet edebilir. Biyomimesis, doğadaki yapılarda/biçimlerde gözlemlenebildiği gibi, mimariye özel geliştireceği metodolojiler ve sistematikler yardımıyla, formlar, strüktürel sistemler ve hatta çevre dostu kinematik/statik/yerleştirilebilir yapılar için sistemler için yeni ve yenilikçi çözümler önerebilmektedir.

Mimarlıkta biyomimetik gelişmelerle ilgili güncel örnekler, mimarlık için sistematik tasarım kriterlerinin olmaması ve mühendislik, tıp ve tarım gibi diğer araştırma ve uygulama alanlarında olduğu gibi bir disiplin olmayı engellediği için hala oldukça bireysel ve dağınıktır. Doğanın ve olguların gözlemlenmesi sonucunda teknoloji ve bilimdeki gelişmelerden kaynaklanan “yeni teknolojik dalganın” farkında olmak isteyen ve bu tür yapıları bu gelişmelere uygun olarak tasarlamak ve çağın özelliklerini topluma yansıtmak isteyen mimarlar, ait oldukları biyomimesis disiplininin sunduğu metodolojileri kullanarak “doğa mimarisi” ilişkisini inceleme olanağına sahiptirler.

2.2.3.2 Biyomimetik ve Biyomorfik Tasarım

Biyomorfik tasarımlar, insanı doğaya bağlayan doğal veya biyolojik formları ve şekilleri, desenleri ve dokuları taklit eden tasarımlar olarak tanımlanmaktadır (Kellert ve diğ., 2011; Kuhlmann, 2011).

Organik unsurlardan ve canlılardan esinlenen şekiller ve formlar gibi doğal şeylerin görsel özelliklerini bünyesinde barındırır. Biyomorfizm, biyofilik tasarımların spesifik bir alt boyutu olarak görülebile de biyofiliden farklıdır (Kellert ve diğ., 2011; Vincent, 2009).

Biyomorfizm, doğal form ve şekilleri taklit etmeye odaklanırken, biyofili çoğunlukla yeşillik, güneş ışığı ve su gibi doğal unsurları tasarımlara dahil etmekle ilgilidir (Coburn ve diğ., 2019).

Biyomorfik kalıpların dahil edilmesi konusunda mimaride önemli çalışmalar yapılmıştır (Ryan ve diğ., 2014). Örneğin, biyomorfik eğilimler, Hindistan'daki Lotus tapınağı gibi dünya çapında birçok ikonik yapının tasarımına yansımıştır; 30 St Mary Axe, Londra; Sagrada Familia, Barselona; Helix Köprüsü, Singapur, vb. gibi. Mimarlıkta birçok çalışma biyomorfizmin farklı yönlerini tartışmaktadır.

Biyomorfizm alanında birkaç çalışma biyomorfik uyaranların bütünsel etkisini araştırırken diğerleri eğrisel formlar ve düzenler gibi belirli biyomorfik unsurlarla ilgilenmişlerdir (Dazkir ve Read, 2012; Liu ve diğ., 2018; Mirkia, 2018; Coburn ve diğ., 2019; Joye, 2007; Vincent, 2009). Bunların yanı sıra sıcak aydınlatma yaşanabilir unsurlar doğal desenler ve posterler üzerine de çalışmalar yapılmıştır (Abdulkarim ve Nasar, 2014; van den Bogerd ve diğ., 2018; Park ve Farr, 2007; Van Oel ve van den Berkhof, 2013).

Çalışmaların çoğu, dış mimari tasarımların rolünü araştırmıştır ve sadece birkaçı iç mekanlardadır (Abdulkarim ve Nasar, 2014; Joye, 2007; Sevinç Kayıhan ve diğ., 2018; Dazkir ve Read, 2012; Van Oel ve van den Berkhof, 2013).

Biyomorfizm tasarımları üç düzeyde etkiler: Biçim, süreç ve ekosistem (Benyus, 1997). Buna göre, mekân tasarımında biyomorfik formların uygulanması, benzerlik (soyut temsillerden tam bir benzerliğe kadar değişen bir süreklilik olarak kabul edilebilir) ve fayda (aynı zamanda bir süreklilik olan) olmak üzere iki boyuta göre kategorize edilebilir (Shelley, 2015).

İnsanlar, hayatta kalmaya katkıda bulunduğu ve dolayısıyla olumlu duygusal tepkiler ürettiği için doğal elementlere, yapılara ve biçimlere karşı içsel bir yatkınlığa

sahiptir (Larsen ve diğ., 1998; Ulrich, 1986). Araştırmalar, soyut figüratif doğal formların bile izleyicilerde daha güçlü duygusal ve estetik tepkiler uyandırdığını göstermiştir (Barsukova, 2018). Duyusal işlevsel teoriye göre, bir birey tarafından organik şeylerin algılanması, algısal anlamsal alt sistemin bir işlevidir ve organik olmayan şeyler için, işlevsel anlamsal alt sistemlerin bir işlevidir. Ayrıca, biyomorfik ekosistemlerin kullanımı, daha iyi sürdürülebilir enerji verimli ve uyarlanabilir ortamlara neden olabilir (Arslan, 2014; Berkebile ve McLennan, 2004).

Biyomorfizm, insan-çevre etkileşimi ile ilgili sorunları çözmek için mimari ve iç tasarım gibi mekân tasarımı çalışmalarında uygulanmıştır (Benyus, 1997). Bununla birlikte, izleyici üzerinde herhangi bir olumlu etki için, birden fazla biyomorfik faktörün dahil edilmesiyle bütünsel bir hissin çok önemli olduğu belirtilmelidir (Padmanabhan, 2013). Son olarak, belirli bir biyomorfizm türü olan antropomorfizm ile ilgili çalışmaların, pazarlamacılar için olumlu marka değerlendirmesi ve tercihi sadakat ve ağızdan ağıza iletişim (Guido) ve marka sevgisi üzerinde olumlu etkiler ve hatta ürün hataları durumunda affetme gibi birçok faydası olduğu kanıtlanmıştır (Puzakova ve diğ., 2013; Aggarwal ve McGill, 2011; Landwehr ve diğ., 2011; Rauschnabel ve Ahuvia, 2014).

Bu faydaları hizmet alanları bağlamına genişleterek, biyomorfik tasarımları hizmet alanlarına dahil etmenin, müşterilerde olumlu duygusal ve estetik tepkiler, sürdürülebilir tüketim duygusu, olumlu marka değerlendirmeleri ve hizmet alanı tercihleri yaratabileceği varsayılabilir. Yukarıda belirtildiği gibi, mimari ve çevre psikolojisinden farklı olarak, yönetim ve pazarlama alanında biyomorfizm hala yeterince takdir görmemektedir. Hizmet alanı tasarımlarında biyomorfizmin rolünün net bir şekilde anlaşılması, yöneticilere çeşitli şekillerde fayda sağlayabilir. Biyomorfik modeller, yeşillik ve doğal aydınlatma gibi diğer biyofilik özelliklerin bulunduğu bağlamlarda bile hizmet alanlarını tasarlamak için daha fazla esneklik sağlamaktadır. Şekiller ve aydınlatma türleri gibi bazı biyomorfik özellikler, binalarda herhangi bir yapısal değişiklik yapmadan iç tasarımlara kolayca dahil edilebilir. Biyomorfik tasarımlar, biyofilik hizmet alanlarından daha uygun maliyetli olabilir. Son olarak, doğa görüntüleri gibi biyomorfik unsurlar, steril hastane iç mekanları gibi doğaya doğrudan maruz kalmanın pratik olmadığı hizmet ortamlarına dahil edilebilir (Gillis ve Gatersleben, 2015).

Literatürde mevcut olan birçok biyomorfik unsurdan dört tasarım özelliği aşağıda sunulmuştur (Gillis ve Gatersleben, 2015; Sevinc Kayihan ve diğ., 2018):

1. *Eğrisel Düzen Formları*: Tüm doğal unsurlar eğrisel formlara sahiptir ve insanlar çoğunlukla evrimsel bir işlev nedeniyle konturları tercih eder (Leder ve diğ., 2011). Ayrıca daha keskin ve doğrusal şekiller genellikle insanlar tarafından bir tehdit olarak algılanır (Bar ve Neta, 2006). Yine, eğrisel formlara yönelik bu tercihler, çoğunlukla uyaranların içsel özelliğinden kaynaklanmaktadır (Bertamini ve diğ., 2016). Eğrisel düzenler, insanlarda olumlu duygusal tepkiler ve sıcaklık üretebilir ve eğrisel iç düzenleri daha güzel olarak değerlendirme eğilimindedir.
2. *Yaşanabilir Unsurların Varlığı*: Yaşanabilir unsurlar, çevreyi daha canlı, canlı ve ziyaret edilebilir kılan unsurlardır (Whyte, 1980). Bu tür özellikler, insanların çevresel keşif faaliyetlerine ara vermelerine yardımcı olur. Heykeller, bir dönüm noktası olarak hizmet edebilecek yaşanabilir bir unsurdur ve onların varlığı, dış ortamların onarıcı niteliklerini artırır (Abdulkarim ve Nasar, 2014). Ayrıca bir yerin ziyaret edilebilirliğini iyileştirdiği tespit edilmiştir.
3. *Doğanın Varlığı Duvar Afişleri ve Bitişleri*: Doğanın bir başka dolaylı etkisi de doğa görüntüleri şeklinde olabilir (Sevinç Kayıhan ve diğ., 2018). İç mekanlardaki doğa duvar afişlerinin insanların tercihleri üzerinde olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir (van den Bogerd ve diğ., 2018).
4. *Sıcak Aydınlatma*: Sıcak görünen hizmet ortamları, kullanıcılar için bir yakınlık duygusu uyandırabilir (Baek ve diğ., 2018). Sıcak ışık, ateşin doğal unsurunu çağrıştırır ve müşterilerin duygusal durumlarını ve hizmet ortamlarındaki tercihlerini etkilediği bulunmuştur (Park ve Farr, 2007; Van Oel ve van den Berkhof, 2013). Ayrıca, sıcak aydınlatma, kullanıcıların hizmet alanı kimliğiyle iyi bir şekilde bağlantı kurmasına da yardımcı olur (Tantanatewin ve Inkarojrit, 2016).

Metodolojisi üzerine araştırmalar sadece son on yılda ciddi bir şekilde artmaya başlamış olsa da biyometrik, endüstriyel araştırma ve geliştirme için büyük potansiyele sahip bir tasarım yöntemi olarak giderek daha fazla öngörülmektedir. Biyometrik yaklaşımları, biyometrik tasarım metodolojileri ve araçları gözden geçirildiğinde Nachtigall (2002), biyometrik üzerine iki farklı bakış açısı arasında ayrım yapar: “teknik biyoloji” ve “biyometrik”. Teknik biyolojiyi “doğayı teknoloji araçlarıyla anlamak”, biyometriği ise “teknoloji için doğadan öğrenmek” olarak

tanımlamaktadır. Bu yaklaşımlar farklı bakış açıları olarak algılanabilir ancak her biri diğerinin büyümesine katkıda bulunmaktadır.

Schmidt (2005), birincil örnek olarak biyomimetik ile disiplinlerarasılık kavramını ve bunun bilim felsefesi üzerindeki etkilerini detaylandırır. Schmidt, biyomimetikğin disiplinler arası bir bilgi dolaşımını içerdiğine ve ortak “tek yönlü aktarım” fikrinin böyle bir dolaşımın birkaç yönünü tanımlayamayacağına dikkat çekmektedir: Mühendislik bilgisinin yanı sıra biyoloji bilgisinin de yalnızca bir kısmı dolaşıma sokulabilir. Bu nedenle, biyomimetik biyolojiden veya bir disiplin olarak mühendislikten değil, oldukça belirsiz bir merkezden, örneğin bir mühendis ile bir biyolog arasındaki iletişimden yola çıkar. Ayrıca, harita ve bölge arasındaki farkın en iyi gösterdiği nedenlerden dolayı bir kişinin aklında asla doğanın kendisi veya teknik bir sistem olmayacak, bunun yerine doğa ve teknik sistemler hakkında fikirleri olacaktır (Korzybski, 1933).

“Doğadan aktarım” ifadesi, bilginin bunun yerine bir doğa modelinden bir teknik sistem modeline aktarıldığını gizler. En önemlisi, bir doğa modeli ile bir teknik sistem modeli arasındaki analogi, doğa modelini değiştirmez: Doğayı, teknoloji olarak algılanır. Ayrıca, bazı modeller, aynı zamanda modeller üzerinde geriye dönük işleyen bir olgusal uygulama için prototip haline gelir. Model aktarımının yanı sıra, önermeler, işlemler, yöntemler, standartlar ve metafizik, ilgili disiplinler arasında ve ötesinde yayılır. Schmidt, son biyomimetikte üç tür dolaşımı ayırt eder:

1. Statik bir doğa anlayışına dayanan yapılara, formlara ve malzemelere atıfta bulunan yapıların sirkülasyonu, örneğin bileşenlerin optimizasyonu için bir prototip olarak kullanılan petekler;
2. Örneğin nilüfer yaprağının kendi kendini temizleme işlevinin boyaya aktarılması gibi yeni işlev ve süreçlerin doğadan öğrenildiği işlevlerin dolaşımı (Barthlott ve Neinhuis, 1997);
3. Ve örneğin genetik algoritmalar gibi dinamik ve evrimsel bir doğa anlayışına dayanan süreçler, bilgi ve kaos hakkındaki bilgileri soyutlayan nomolojik-matematiksel bir dolaşım.

Schmidt’in yapı ve işlev biyomimetikliği arasındaki ayrımı, yapılar işlevleri açısından ve giderek daha kinematik ve hatta dinamik bir perspektiften gözlemlendiğinden, son biyomimetikte bulanıklaşıyor gibi görünmektedir. Bununla birlikte, biyomimetikliği destekleyen çoğu yöntem ve araç, doğanın algılanması

üzerindeki etkiden bahsetmeden biyolojiden teknolojiye tek yönlü transfere odaklandığından, biyomimetikğin bilginin dolaşımı olarak tanımlanması akılda tutulmalıdır.

Biyomimetik projelerine yardımcı olmak için Gramann (2004) teknik bir problemle başlayan nispeten basit ve pratik bir prosedür önermektedir. Aşağıda sıralanmıştır:

1. Bir işlev veya kısıtlamalar açısından bir arama hedefi formüle edilmesi.
2. Bir dizi ilgili biyolojik sistemi aranır ve atanır. Bu adım biyolojik bilgi gerektirir. Gramann, biyolojik literatürde aramaya yardımcı olmak için fonksiyon kategorileri ve biyolojik örneklerle ilgili bir ilişki listesi sunar.
3. Biyolojik sistemleri analiz eder. Genellikle literatürde mevcut olan bilgiler bu adımı gerçekleştirmek için yeterli değildir ve Nachtigall (2002) tarafından tanımlandığı üzere teknik biyolojinin bir görevi olan yeni deneylerin yapılmasını gerektirebilir.

Daha sonra ya teknik bir uygulamaya ya da sürecin uygun bölümlerinin tekrarına yol açan üç değerlendirme aşaması gelir.

Hill (2005), biyomimetik için hedef belirleme ve çözüm tanımlama olmak üzere iki bölüme ayrılmış bir oryantasyon modeli önermektedir. Hedef belirleme bölümünde tanımlanan çelişkili taleplere dayalı olarak, çözüm tanımlama bölümü aşağıdaki adımlardan oluşur:

- Çelişkili taleplerin altında yatan temel işlev(ler) belirlenir. Bunu desteklemek için Hill, Rodenacker'ın (1976) fonksiyon kategorilerine benzer biyolojik fonksiyon kategorileri sağlar: biçim, değişim, transfer, depolama/saklama, ayırma/bağlanma, bilgi ve destek/taşıma gibi temel işlevler ve malzeme, enerjinin temel akışları.
- Aynı veya benzer fonksiyonel özelliklere sahip ilgili biyolojik yapıları tanımlanır. Bu adım, temel fonksiyonlara göre sıralanmış biyolojik yapıların bir kataloğu ile desteklenir.
- Tanımlanan biyolojik yapıları bir tabloda derlenir; Temel ilkeleri çıkarmak ve her biyolojik yapı için ön çözüm ilişkilendirmeleri yapmak için her biri analiz edilir.
- Ön çözümleri, hedefin gereklerine ve koşullarına (ekonomik, teknik-teknolojik, ekolojik, sosyal vb.) göre teknik çözümlere aktarım yapılır.

- Bu çözümlerin ilgili özellikleri çeşitlendirilir ve birleştirilir; her bir özelliğin (boyut, sayı, durum, biçim, malzeme, yüzey, işlem türü, sonuç türü) alternatiflerini morfolojik bir tabloya kaydedin ve bu özelliklerin olası kombinasyonları belirlenir.
- Ortak değerlendirme yöntemlerini kullanarak çözüm öğelerini veya eksiksiz varyantları değerlendirilir ve en iyisini seçilir.
- Seçilen çözüm detaylandırılır.

Hill (2005), temel biyolojik ilkeleri uygun bir teknik çözümde kullanmak için ilgili yapıların aktarılması, çeşitlendirilmesi ve birleştirilmesi gerektiğinden bahseder. Ancak ne aktarım adımı ne de yapı ve ilkelerin nasıl ilişkilendirildiği ayrıntılı olarak belirtilmemiştir.

Biyomorfik tasarım ve biyomimetik tasarım sahip oldukları özellikler ile biyomimikrinin temellerini atmışlardır.

2.2.3.3. Biyomimetik Mimari Tasarım Örnekleri

Doğa her zaman insanoğluna hayatın çeşitli zorluklarıyla başa çıkması konusunda yardım etmiştir. İnsanlar yüzyıllar önce ilham almak ve çeşitli cihazların geliştirilmesi için doğayı aramaya başlamışlardır. Bu çabalar arasında mühendislik örnekleri metodik yaklaşımları nedeniyle dikkat çekicidir. Ancak, Leonardo da Vinci dışında, insanların salt gözlemden uygulamaya geçişi 19. yüzyıla kadar gerçekleşmemiştir. Bu bağlamda, Mazzoleni'nin (2013: 7) işaret ettiği gibi, Leonardo da Vinci ilk biyomimetik tasarımcı olarak kabul edilebilir.

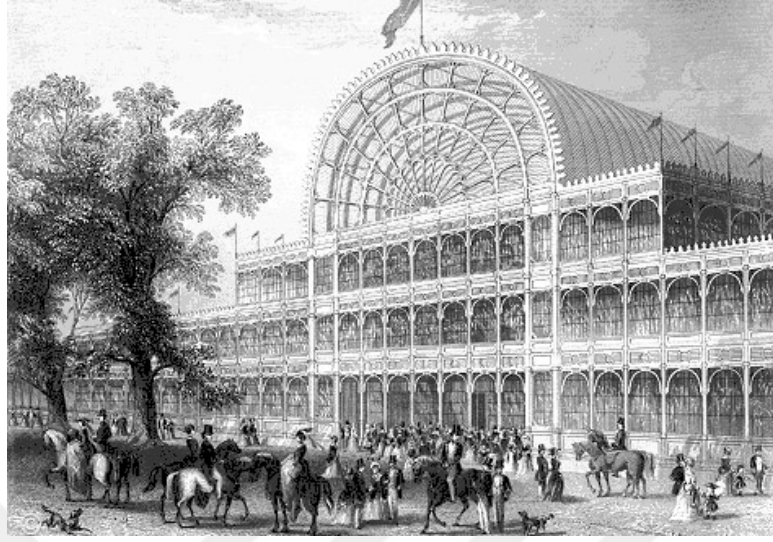
Çok çeşitli mimari söylemler bağlamında, yapıların dış kaplamaları her zaman büyük bir öneme sahip olmuştur. Mimarlık Sanayi Devriminden bu yana araştırılırsa, dış kaplamanın cepheden zarfa evrimi farklı ölçeklerde, formlarda ve sistemlerde gözlemlenebilir. Dış örtüyü bir zarf olarak düşünmek, tek tek bileşenlerin toplamından ziyade bir bütün olarak doğaya benzer bir şekilde yaklaşmayı ifade etmektedir. Geçen yüzyıla bakıldığında bu evrimin ilk örneği Antoni Gaudi'nin yapıları olarak kabul edilebilir. İkinci örnek, 1950'lerin doğadaki yapılardan derinden ilham alan kabuk yapılarıdır. Son olarak, yine doğadan alınan derslerle geliştirilen Buckminster Fuller ve Frei Otto'nun yapıları gösterilebilir.

Geçen yüzyıl, bina kabuğunun doğasında dikkate değer bir değişikliğe tanık olunmuştur. 19. yüzyılda sanayi devrimi, yeni yapı malzemeleri, ürünleri ve teknikleri

sunarak, binaların bileşenlerini yeniden şekillendirerek hafif ve şeffaf yapıların olasılığı ortaya çıkmıştır. 20. yüzyılın başlarında çelik çerçevenin geliştirilmesine kadar, hemen hemen her büyüklükteki bina, onları ayakta tutmak için duvarlarına bağlıydı. Yani dış duvarlar havayı dışarıda tutmakla birlikte binaların yapısını oluşturmaktaydı. Çelik çerçevenin geliştirilmesiyle, duvarların artık herhangi bir ağırlık taşıması gerekmemiştir, bunun yerine iç çerçeve binayı tutmuş ve dış duvarlar havayı dışarıda bırakmıştır.

Del Grosso ve Basso'ya göre, dış yüzey inşa etme fikri, ancak dış duvarları yük taşıma görevinden kurtaran sanayi devriminin getirdiği bu gelişmelerden sonra ortaya çıkmıştır (Del Grosso ve Basso, 2010). Geleneksel yük taşıyıcı duvar yapıları yerini çerçeve yapılara bıraktığında, mimaride, hayvanın iskeletinin kolon ve kirişlerin yapısal çerçevesiyle yeni bir metaforik karşılaştırması ortaya çıkmıştır. Horatio Greenough, 1851 tarihli “yapı teorisi”nde, “inşa ilkelerinin, hayvan ve böceklerin iskeletleri ve derileri üzerinde yapılan çalışmalardan öğrenilebileceğini” belirtmiştir (Steadman, 2008: 39). Daha sonra 1800'lerin sonundaki çelik çerçeve yapılarında, binanın kabuğunun yapısal kemiklerinden ayrılması tamamlanmıştır. Daha geniş iç mekanlara izin veren çelik kirişler 1900'lerin ortalarında Le Corbusier tarafından daha sonra “serbest plan” ve “serbest cephe” olarak adlandırılan plan ve cephe esnekliğini de sağlamıştır. Bu yeni yapısal anlayış ve yapısal olanaklar, kendi sorunlarını ve karmaşıklığını da beraberinde getirmiştir. Tüm bu değişiklikler mimarları yeni ilham kaynakları aramaya yöneltmiştir. Bu bağlamda, özellikle yapısal alanda doğa, büyük bir ilham kaynağı olarak ortaya çıkmıştır (Steadman, 2008).

Bunun en önemli örneklerinden, Joseph Paxton'ın 1851 Büyük Sergisi için inşa ettiği Kristal Saray'dır. Kristal Saray'ın yapısının tasarımı için bir botanikçi olan Paxton, doğayı model almıştır. Küçük bir çocuğun ağırlığını taşıyabilen nilüfer *victoria amazonica* üzerine yaptığı çalışmalardan yola çıkarak sarayın çatısını tasarlamıştır (Eryıldız ve Mezini, 2012). Birincil kaburgaların konsol görevi gördüğü ve aralarındaki ince çapraz kaburgaların ana üyeleri güçlendirdiği zambak yapraklarının alt tarafını gözlemlemiştir. Daha sonra büyük cam paneller için nervürlü demir destek yapısı tasarlamıştır. Bu şekilde, on sekiz metrekairelik bir alanı kaplayan, hafif ama güçlü bir çatı yaratmıştır. Bu bağlamda Crystal Palace, bina kabuğunun tasarımına yönelik ilk metodik biyomimetik yaklaşım olarak görülebilir.



Şekil 2.13. Joseph Paxton'ın 1851 Büyük Sergisi için inşa ettiği Kristal Saray

Kaynak: URL-14

1900'lerin başında, Antoni Gaudí doğayı ve doğal yapıları metodik bir şekilde araştıran bir diğer önemli mimardır. Gaudí'nin çalışmalarının önemi, binalara ve dolayısıyla zarflara dair bütünsel bir anlayış geliştirme amacından ve doğada olduğu gibi kuvvet ve çevrenin şekli nasıl etkilediğine dair keşiflerinden gelmektedir. Gaudí, doğayı kendi modeli olarak görmüş ve yapısal bütünlük ve ekonomi fikrini geliştirmek için deneyler yapmıştır. Bu bağlamda yapının verimliliği, çalışmalarının ve şeklinin merkezi noktası olmuştur. Gaudí, hayvan iskeletlerini ve yumuşakçaların ve bitkilerin dinamiklerini araştırmıştır ve bunları bir rehber olarak kullanmıştır. Daha sonra doğal formlar üzerindeki gözlemlerine dayanarak kendi yöntemini geliştirmiş ve gelişmiş yapısal sistemler icat etmiştir. Onun asılı zincir modelleri, deneysel form bulma yöntemlerinin ilk örnekleri arasındadır (Oxman, 2015). Ayrıca onun modelleri, malzeme ve enerji arasındaki uzlaşmanın bir sonucu olarak verimlilik ve uygunluk arayışının ilk örnekleri olmuştur.



Şekil 2.14. Gaudi'nin Colonia Güell için asılı modeli

Kaynak:URL-4

20. yüzyıla girerken, plastik-sıvı betonun biçimsiz ya da biçim bulan niteliklerinin sunduğu potansiyelle mimari ve inşaatta yeni bir dönem başlamıştır. Bu, doğadaki kabuk yapıların geometrisinden ve verimliliğinden derinden etkilenen kabuk yapıların gerçekleştirilmesini mümkün kılmıştır.

Severud (1945: 149), kabuk yapıların tasarımında doğal modellerin uygunluğuna şu şekilde dikkat çekmiştir: “...*çağdaş mimar ve mühendisin yapısal tasarımıda, doğanın henüz karşılaşmadığı ve çözmediği birkaç sorunla karşı karşıya olduğu bir gerçektir*”. Max Berg, Eugène Freysinnet, Robert Maillart, Pier Luigi Nervi, Félix Candela ve Edouardo Torroja gibi 20. yüzyılın ortalarındaki mühendislik öncüleri, sağlamlık ve hafiflik elde etmek için betonarmenin sınırlarını zorlamışlar ve kabuk yapılarla deneyler yapmışlardır. Bunlardan Nervi ve Candela, yapılarını oluşturmak için doğayı bir model olarak almışlardır (Arslan Selçuk, 2009). Daha az malzemeyle daha da geniş alanlara yayılmayı ve doğada bulunan güç ve hafifliğin birleşimine benzer şekilde hafif yapılara yol açmayı hedeflemişlerdir. Bunun için doğada modeller ararken, doğa yasalarının biçim ve kuvvetle nasıl ilişkili olduğunu anlamayı amaçlamışlardır. Yaratmış oldukları kabuk yapılar, mimaride hala dikkate değer rijitleştirme örnekleri olarak kabul edilebilir.



Şekil 2.15. a) Amazon nilüferi, b) Pier Luigi Nervi tarafından Roma'daki Palazzetto dello Sport'tan plan ve görünüm

Kaynak: a) URL-11 b)URL-2 c)URL-10

Mimar ve mucit Buckminster Fuller, çalışmalarını doğada bulunan ilkeleri yapısal bir mantık olarak keşfetmeye adanmış bir diğer önemli mimardır. Doğanın geometrisini, doğal organizmaların nasıl var olduklarını ve kendilerini nasıl sürdürdüklerini anlamaya çalışmıştır. Fuller, malzeme verimliliği, yapısal bütünlük ve modülerlik gibi doğada bulunduğu ilkelerden hareketle bir bütün olarak düşündüğü yapılar yaratmıştır. Bu anlamda Fuller'in yapıları, dış cephe ve yüzey olarak dış görünüş anlayışından zarfa doğru bir ayrılığa işaret etmektedir. Ayrıca, radyolaryanın yapısından ilham almıştır ve bilgisayar kontrollü bir güneş duyarlı sistemine sahip olan Expo '67'deki ABD Pavyonu tasarımında ilk otomatik iklime uyarlanabilir zarflardan birini yaratmıştır (Velikov ve Thun, 2013: 81).



Şekil 2.16. a) Radyolaryadan görünüm, b) Expo 1967, Montreal, Kanada'daki ABD Pavyonu

Kaynak: a) URL-7 b) URL-16

1950'lerde Alman mimar Frei Otto, "fiziksel kuvvetlere bağımlılık, malzemelerin kısıtlamaları ve mekânsal sınır koşullarının etkisiyle yaratılan" yapıları için doğadaki yapısal ilkeleri de keşfetmeye yönelik çalışmalar yapmıştır. Bu bağlamda örümcek ağlarından ilham alan hafif germe ve membran yapıları geliştirmiş ve Montreal'deki Expo '67'deki Alman Pavyonu için tasarladığı kablo ağı yapısı gibi yeni yenilikçi yapısal tipler ve bina zarfları önermiştir.

Bir formun optimum şeklini belirlemek ve davranışını test etmek için Gaudi'nin kullandığı zincir modelleme tekniğine benzer fiziksel modeller inşa etmekteydi. Modelleri belirli bir zaman diliminde maddi etkileşimler yoluyla yeniden yapılandırıldığı için “biçim bulma”dan söz etmiştir (Otto, 1996). Bu anlamda, Gaudi'nin mimarlıkta form-bulunan zarflar fikrini ortaya çıkarırken, Otto'nun mekanları kapatmak için malzeme ve enerji kullanımını azaltmak için şekil ve bilgiyi kullanarak süreci geliştirdiği söylenebilir. Otto'nun çalışmalarının önemi, çevresel güçlerin bir sonucu olarak ve bir bütün olarak bina anlayışından kaynaklanmaktadır. Bu, boşlukları kapatmak için tek tek bileşenler yerine bina zarfları tasarlamayı düşünülmesini sağlamıştır.

Kolareviç'in (2004: 199) belirttiği gibi, “*gerilebilir membran yapılarında kullandığı form bulma teknikleri, membran formunun etki eden kuvvetlerin değiştirilmesinden dinamik olarak etkilendiği performans odaklı model üzerinde mimari form oluşturma*nın en yakın örneği olarak kabul edilmektedir”.



Şekil 2.17. a) Frei Otto tarafından yapılan yapısal membran form bulma çalışması, b) Expo 1967, Montreal, Kanada'daki Alman Pavyonu

Kaynak: URL-15

Otto'nun Gaudi ile birlikte çalışmasının bir diğer önemi, form bulma ve ortaya çıkmanın hesaplamalı modellerinin klasik temeli olarak kabul edilmeleridir (Oxman, 2015). Oxman'ın belirttiği gibi, deneyleri, bir tasarım süreci olarak kuvvet simülasyonu kavramlarını ve değişkenlerin değiştirilebileceği fiziksel tasarım modellerini tanıtmıştır. Deneyleri, doğanın bir dizi süreç olarak anlaşılmasını sağlamıştır. Daha da önemlisi, bunlar form, yapı, malzeme arasındaki bütünleşik ilişkinin bir form bulma sürecinde etkileşimli olarak denenmesi yoluyla canlı ve cansız arasında bir ortam bulmaya yönelik ilk girişimlerdir (Oxman, 2015: 109).

1970'lerde, mimarının doğa ile ilişkisine yapısal verimlilik arayışı hâkim olmaya devam etmiştir. 1980'lerin sonlarında teknolojiye son gelişmeler ve sürdürülebilirlik konularının ortaya çıkması nedeniyle enerji verimliliği mimarlıkta

ana konu haline gelmiştir. Bu, ilhamın odağını doğanın yapısal verimliliğinden enerji verimliliğine kaydırmıştır. Bina kabuğu, kapalı alan ve enerji sistemlerinin sınır koşullarını tanımladığı için büyük bir öneme sahip olmaya devam etmiştir. Daha sonra binaların verimliliğinin artırılması amacıyla LEED, BREEAM, CASBEE vb. yeşil bina standartları geliştirilerek bina kabuğuna uygulanmaya başlanmıştır.

1990’larda, teknolojiadaki son gelişmelerle birlikte, büyük ölçüde sürdürülebilirlik sorunları nedeniyle bir tasarım paradigması olarak performans fikrine bir ilgi oluşmuştur (Kolareviç, 2004: 45). Performans fikri mimaride yeni değildi ve finansal, mekânsal, kültürel ve tamamen teknik olmak üzere birçok alanda çok geniş bir şekilde tanımlanabilir özelliktedir. Ancak çoğunlukla yeşil ve sürdürülebilir tasarım hareketlerine bir cevap olarak kabul edilmektedir. Daha geniş bir perspektif olmadan, mimaride performans fikri hala anlaşılması zor bir kavram olarak var olmaktadır.

Performans fikri mimarlıkta geniş çapta tartışılırken, 1990’ların sonlarında Benyus, biyomimikriyi, doğayı sürdürülebilir çözümler ve inovasyonla ilişkilendiren bilimde yeni bir yön olarak tanımlamıştır. Bugüne kadar, biyomimikri mimari söylemde artan bir ilgi görmüştür. Mimaride biyomimikri uygulamasının ilk inşa edilmiş örneklerinden biri, Grimshaw Architects’in Eden Project Biomes’idir. Eden Project Biyomları, sorumlu kaynaklı malzemeler kullanmak, enerji açısından verimli olmak ve minimum atıkla inşa etmek gibi sürdürülebilir çözümler oluşturmak için doğayı bir model olarak almaya çalıştığından, mimaride umut verici bir biyomimikri örneği olarak kabul edilebilir. Ancak projenin sürdürülebilir boyutu bir noktaya kadar öne çıkmış ve doğadan aldığı model bir metafor olarak kalmıştır. Kısacası, tasarımın başlangıçtaki amacına kısmen ulaşılmıştır.



Şekil 2.18. Cornwall, İngiltere’deki Grimshaw Architects tarafından hazırlanan Eden Projesi Biyomları

Kaynak:URL-13

Doğa, sistemler üzerinde çalışır ve bu nedenle, tüm sistemleri taklit etmeden, biyomimetik mimaride kullanımı ya bir form bulma süreci ya da sürdürülebilir çözümler sağlamanın bir yolu olmakla sınırlı olacaktır. Doğada biçim, işlev ve yapı birbiriyle ilişkilidir ve ayırt edilemez. Bütün sistemler perspektifi olmadan, morfoloji ve biçim aktarımı, belirli bir organizmanın birkaç özelliğinin taklidinin ötesine nadiren geçebilir, çünkü bu özellikler, taklit edilen doğal sistemlerin işleviyle pek uyuşmaz. Sonuç olarak tasarlanan sistem, doğada taklit edilen sistem kadar başarılı olamaz ve uyum sağlayamaz. Başka disiplinlerde yalnızca biçimi taklit etmenin ötesine geçen örnekler vardır. Örneğin, Concorde jetinin burnu, iniş sırasında bir kuğu hareketini taklit eder. Kısaca doğa gibi sorunlarımızı çözmek için biyomimetik tasarımın tüm sistemi ve süreci, bir şeyin nasıl yapıldığını ve canlı bir sisteme nasıl uyduğunu düşünmesi gerekir.



Şekil 2.19. Concorde jeti

Kaynak:URL-18

Biyomimetik tasarımın ana vaadinin, sorunlarımızı çözmek için doğanın sistem ve süreçlerinden öğrenmek olduğu iddia edilebilir. Bu amaçla, mimarlık alanında, üretken tasarım kavramı özellikle umut vericidir. Günümüzde biyologlar, doğal organizmaların form oluşturma ve büyüme süreçlerini modellemek veya davranışlarını simüle etmek için bir dizi teknik kullanabilirler. Bu teknikler mimarlar tarafından ödünç alınmış ve form bulma süreçlerine kısmen de olsa metaforik bir şekilde entegre edilmiştir. Örneğin, son birkaç yılda, “morfogenetik” bir mimarinin geliştirilmesi için algoritmik büyüme senaryolarının oluşturulmasıyla kural tabanlı hesaplama sistemleri aracılığıyla mimaride büyüme araştırılmaktadır. Ancak bu senaryolarda süreç sanal dünyada doğrudan taklit edildiğinden doğa bir metafor olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Greg Lynn’in Embriyolojik Evi, büyüme ve gelişmeyi sanal ortamda tasarım sürecine entegre etmektedir (Lynn, 2000). Ancak projenin gerçek dünyaya uygulanacağı düşünülürse değişim kavramı kaybolacaktır.

Üretken tasarımın potansiyelinin form bulma yöntemlerinde değil, bütünsel ve tekrarlayan süreç tabanlı mantığında yattığını kabul etmek önemlidir. Bu nedenle, üretken tasarım, doğadaki karmaşık sistemleri ve kalıpları ele almak için yararlı bir

yöntemdir. Ayrıca üretken tasarım, mimarideki uyum, performans, verimlilik ve optimizasyon gibi çağdaş konuların çoğunu biyomimetik bir bakış açısıyla ele alma kapasitesine de sahiptir. Daha da önemlisi, üretken tasarım, vurguyu bina kabuğundaki bireysel öğelerin ve katmanların tasarımından bir bütün olarak zarfın düşünülmesine kaydırır.

Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi'nin zarfı, üretken tasarım yöntemlerinin kullanımını örneklemektedir. Frei Otto'nun yapıları gibi, zarfın tasarımı da sabun köpüğü yapısından esinlenmiştir, ancak hesaplama prosedürleri ile organize edilmiş ve optimize edilmiştir. Burada amaç, doğaya metodik bir yaklaşım geliştirmektir. Sonunda, estetik ve performans gereksinimlerini karşılayan büyük ölçekli kabarcık benzeri bir yapı oluşturulmuştur (Roudavski, 2009). Ancak hücresel bir yapı olarak tasarım çok daha fazla bilgiyi içermeye kapasitesine sahiptir. Örneğin, doğadaki hücresel yapılar son derece uyarlanabilir. Sonuç olarak, bu örnekte doğa bir modelden ziyade bir metafor olarak alınmıştır.



Şekil 2.20. PTW Architects tarafından Pekin'deki Ulusal Su Sporları Merkezi (Su Küpü)

Kaynak:URL-8

Sonuç olarak, geçen yüzyılda doğa-mimar ilişkisinde üç ölçüt olduğu söylenebilir. Birincisi, 20. yüzyıl, mimaride yeni malzemeler ve yapım yöntemleriyle ilgili yeni karmaşıklıklar ve sorunlar ortaya çıkarmıştır. Bu da dikkatleri, dayanıklılık ve hafifliğin birleşimi ile sertliğe ulaşan doğadaki yapısal çözümlere kaydırmıştır. İkincisi, 20. yüzyılın ikinci yarısında çevre sorunlarının artması, mimarlık disiplininin önlem alma ve sürdürülebilir çözümler geliştirme sorumluluğuna işaret etmiştir. Bu, mimari tasarımda verimlilik, performans ve optimizasyon gibi konuların yeniden ele alınmasına ve verimli çözümler için doğaya bakılmasına neden olmuştur. Son kriter, mimari ve doğa ilişkisini metodik bir şekilde yeniden tanımlayan biyomimikrinin

ortaya çıkmasıdır. Doğayı teknolojinin çağdaş olanaklarıyla yeniden düşünmek, mimari tasarım düşüncesini etkilemiş ve böylece biyomimikri, mimarinin karmaşık sorunlarını ele almak için çekici bir ilham kaynağı haline gelmiştir. Aslında, biyolojik bilgiyi mimarlığa aktarmak için önemli girişimler olmuştur. Bununla birlikte, kapsamlı, sistematik ve bütünsel bir metodolojiye hala ihtiyaç duyulduğundan, mimaride biyomimetik fikri daha fazla araştırma gerektirmektedir.

2.2.4. Biyomimikri ve Tasarım

Bir teori olarak biyomimikri, doğayı bir model, akıl hocası ve ölçü olarak kullanarak verimli ve yenilikçi sürdürülebilir tasarım çözümleri yaratmak için doğal süreçleri taklit etmektedir (Benyus, 1997). Bir model olarak, formlar, süreçler ve ekosistemlerle ilgili olarak doğal tasarımın taklit edilmesine yardımcı olmaktadır. Doğayı bir akıl hocası olarak kullanmak, doğayı yeni tasarım fikirleri için bir öğrenme kaynağı olarak görmenin ve buna değer vermenin bir yolunu sağlamaktadır. Doğayı bir ölçü olarak kullanarak, insan inovasyonunda sürdürülebilirliği değerlendirmek için ekolojik kriterleri kullanmaktadır. Ancak bu bileşenler arasındaki ilişki net değildir ve mimari eko tasarım pratiği açısından açıklığa kavuşturulması gerekmektedir.

Ecomimicry, ekosistem biyomimikrisi ve ecomimesis, biyomimikrinin türevleridir ve ekosistemleri taklit etme süreçleridir (Marshall, 2007; Yeang, 2006; Pedersen Zari ve Storey, 2007). Ekomimicry, “*çevre dostu tasarım için doğanın taklit edilmesi*” olarak anılmaktadır (Marshall ve Lozeva, 2009: 7). Ekosistem biyomimikrisi, bir ekosistemi tasarım amaçları için bir temsil olarak almaktan ziyade, bilimsel gerçekleri ekolojiden aktarma stratejileri önermesiyle farklılık göstermektedir (Zari, 2010: 173).

Özetle biyomimikri, çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine dayalı bir tasarım metodolojisi olarak çalışır (Miller, 2010). İnsan sorunlarına çözümler geliştirmek için biyolojik sistemlerle analogiler kullanır (Helms ve diğ., 2009). Biyomimikri çevreye duyarlı sürdürülebilir kalkınma için tasarımda önemli bir hareket haline gelmiştir ve sayısız yaratıcı yeniliği teşvik etmiştir (Vincent, 2006; Vogel, 1998; Papanek, 1995; Zari, 2007). Bir teori ve tasarım yaklaşımı olarak biyomimikrinin bir dizi tasarım alanında potansiyel uygulaması vardır.

Bir Tasarım Prosedürü Olarak Biyomimikri

Bir tasarım prosedürü olarak biyomimikri, iki ana yaklaşımı içerir: yaklaşımları doğrudan taklit eden ve dolaylı olarak taklit eden. Doğrudan taklit

yaklaşımında bir tasarım, analogik bir çeviri sistemi yardımıyla doğal bir yönün, bir organizmanın, bir davranış kalıbının veya doğadaki bir sistemin stratejilerini doğrudan taklit etmesidir. Dolaylı olarak taklit etme yaklaşımında tasarım, fikirleri ve kavramları doğanın nasıl işlediğine dair gözlemlenenlerden ilkeler olarak soyutlar (Faludi, 2005; Panchuk, 2006). Bu, biyomimikri ‘yaşam ilkelerini’ kullanmayı içerir. Ekosistemlerin içsel özellikleri doğadan türetilen dokuz işletme stratejisi ile temsil edilir (McGregor, 2013; Benyus, 1997). Bu stratejiler, hayata elverişli koşullar yaratmak için değiştirilir, optimize edilir ve entegre edilir. ‘Yaşam ilkeleri’ türler arasında bulunan ve yenilikçilik için bir model, ölçü ve akıl hocası olarak kullanılabilecek hayatta kalma modellerini temsil eden kültürler ve nesiller arasında tutarlı görülmektedir (Baumeister, Tocke, Dwyer, Ritter ve Benyus, 2013: 23). Bununla birlikte, mimari eko tasarım pratiğinde bir tasarım prosedürü olarak bu iki yaklaşım arasındaki ilişkiyi kavramada bazı karışıklıklar vardır.

Doğrudan Taklit Yaklaşımı

Doğrudan taklit yaklaşımı içinde, tasarım problemlerinin anlaşılmasının iki farklı yolu vardır: ‘biyolojiyi araştıran tasarım’ veya ‘biyolojiyi araştıran tasarım’ şeklindedir (Zari, 2007). Her ikisi de benzer sorunları çözmek için diğer organizmalar veya ekosistemler tarafından kullanılan süreçler ve yapılarla analogi yoluyla bir insan ihtiyacı veya tasarım sorununu kavramsallaştırmayı içerir. ‘Biyomimikri taksonomisi’ ‘Ask Nature’ tarafından geliştirilen ‘işlevden biyoloji’yi organize eden bir sınıflandırma sistemidir (Baumeister, Tocke, Dwyer, Ritter ve Benyus, 2013: 112). Organizmaların olası cevaplar olarak çeşitli stratejileri belirleyerek farklı zorluklarla nasıl karşılaştıklarına göre yapılandırılmış bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Biyomimetik, aynı zamanda “problem odaklı” veya “çözüm odaklı” bir tasarım yaklaşımı olarak da kavramsallaştırılabilir (Helms ve diğ., 2009; Wilson, 2008). ‘Problem odaklı’ yaklaşımda, tasarımcı biyoloji yoluyla bir çözüm geliştirmeyi amaçlarken, ‘çözüm odaklı’ yaklaşım, biyolojiden bir çözüm alıp onu bir insan tasarım sisteminde taklit etmeyi içermektedir. Her iki yaklaşım da avantajlara ve dezavantajlara yol açabilecek varyasyonlara uyum sağlamaktadır (Wilson, 2008: 7).

Endüstriyel tasarımın bir dalı olan biyonikte, “tümevarımsal” veya “tümdengelimli” olarak adlandırılan tasarımı keşfetmek için doğadaki biyo-mekaniği incelemektedir. ‘Endüktif yaklaşım’, doğada geniş bir tema ile başlar ve uygulamasını biyomekanik ilkelerinden almaktadır. Tümdengelim yaklaşımı, bir tasarım problemi veya özeti ile başlar, ardından uygun bir çözüme işaret eden doğal süreçleri

aramaktadır (Birkeland, 2002: 84-85). Doğrudan taklit yaklaşımı, bir tasarım çözümünü geliştirmek için analogik çeviriyi (her iki yönde) kullanmaktadır.

Dolaylı Olarak Taklit Yaklaşımı

Biyomimikride ‘dolaylı olarak taklit’ yaklaşımı, doğal sistem işleyişi ilkelerinin soyutlanmasına dayanmaktadır. Temel olarak, belirli bir ortamda hayatta kalmak için doğanın nasıl performans gösterdiğine dair dersleri anlamaya çalışır. Janine Benyus ve Dayna Baumeister (Baumeister, Tocke, Dwyer, Ritter ve Benyus, 2013), Michael Braungart ve William McDonough (McDonough, Braungart, Anastas ve Zimmerman, 2003), Richard Buckminster Fuller (The Buckminster Fuller Institute), Peter Head (2008), Bob Berkebile ve Jason McLennan (McLennan, 2004), Steven Vogel (1998), Ken Yeang (2006) ve Pedersen Zari (Zari ve Storey, 2007) gibi araştırmacılar doğal dünyada bulunan çevresel özelliklerden tasarım ilkeleri, dersler ve kavramlar geliştirmişlerdir. Hangi yaklaşım benimsenirse benimsensin biyomimikri, sürdürülebilirlik için üç düzeyde gereksinim tanımlar: canlı organizmaların şekilleri; bu canlı organizmalardaki üretim süreçleri ve türler arasındaki etkileşimler ve doğal ekosistemlerin küresel işleyişi şeklindedir.

2.2.4.1. Biyomimikri Düzeyleri

Tartışılan iki yaklaşım içinde, bir tasarım problemine uygulanabilecek üç biyomimikri düzeyi tipik olarak biçim, süreç ve ekosistem olarak verilmektedir. Bir organizmayı veya ekosistemi incelerken, biçim ve süreç, bir organizmanın veya ekosistemin taklit edilebilecek yönleridir.

Bu farklı seviyeleri yeniden tanımlayan ve aynı zamanda yapılı çevrenin rejeneratif kapasitesini artırmak için bir araç olarak biyomimikrinin potansiyelini netleştirmeye çalışan biyomimikrinin uygulamasını anlamak için bir çerçeve önerilmiştir. Bu çerçeve, gelişen biyomimikri türlerini tanımlayarak, biyomimikriyi yapılı çevrenin sürdürülebilirliğini geliştirmek için bir metodoloji olarak kullanmak isteyen tasarımcıların, alınacak etkili bir yaklaşım belirlemelerine olanak sağlayabilir. Burada açıklanacak olan çerçeve her iki yaklaşıma da uygulanabilir (Zari, 2007).

Mevcut biyomimetik teknolojilerin incelenmesiyle, üç düzeyde taklit olduğu açıktır; organizma, davranış ve ekosistem. Organizma seviyesi, bir bitki veya hayvan gibi belirli bir organizmayı ifade eder ve organizmanın bir kısmını veya tamamını taklit etmeyi içerebilir. İkinci seviye, davranışı taklit etmeye atıfta bulunur ve bir

organizmanın nasıl davrandığına veya daha geniş bir bağlamla ilgili olduğuna dair bir yönün çevrilmesini içerebilir. Üçüncü seviye, tüm ekosistemlerin ve onların başarılı bir şekilde işlemesine izin veren ortak ilkelerin taklit edilmesidir (Zari, 2007).

Bu seviyelerin her birinde, taklit için beş olası boyut daha mevcuttur. Tasarım, örneğin neye benzediği (biçim), neyden yapıldığı (malzeme), nasıl yapıldığı (inşaat), nasıl çalıştığı (süreç) veya neler yapabileceği (işlev) açısından biyomimetik olabilir (Zari, 2007).

Farklı biyomimikri türleri arasında bir miktar örtüşmenin olması ve her biyomimikrinin birbirini dışlamaması beklenir. Örneğin, bir ekosistem gibi etkileşime girebilen bir dizi sistem, biyomimikrinin ekosistem düzeyinde işlev görecektir. Böyle bir sistemin bireysel detayları, tek bir organizmaya veya davranış taklitine dayanabilir; Biyolojik bir ekosistem gibi, çok sayıda tek organizma arasındaki karmaşık ilişkilerden oluşur (Zari, 2007).

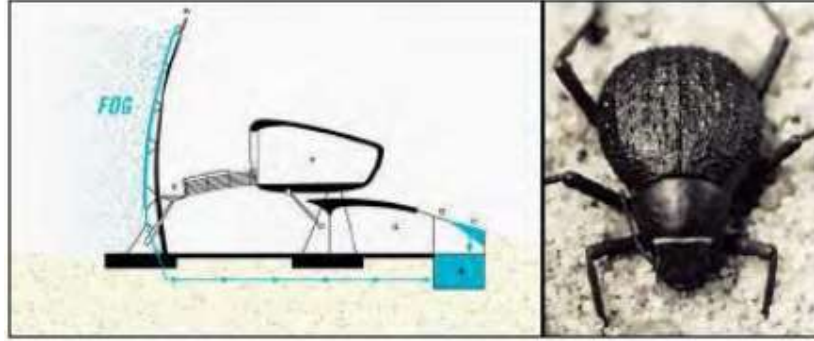
2.2.4.1.1. Organizma Seviyesi

Canlı organizma türleri tipik olarak milyonlarca yıldır evrimleşiyor. Artık Dünya’da kalan organizmalar, zaman içinde sürekli değişikliklere dayanan ve adapte olan hayatta kalma mekanizmalarına sahiptir. Baumeister’in (20013) belirttiği gibi, *“araştırma ve geliştirme yapılmıştır”*. Bu nedenle insanlar, organizmaların halihazırda ele almış olabileceği, genellikle enerji ve malzeme etkili yollarla toplum tarafından yaşanan sorunları çözmek için yararlanabilecekleri geniş bir örnek havuzuna sahiptir. Bu, özellikle kaynaklara erişim değiştiği, iklim değişiklikleri ve mevcut insan faaliyetlerinin dünyanın birçok ekosistemi üzerindeki olumsuz çevresel etkisinin sonuçları hakkında daha fazla şey anlaşıldığı için insanlar için yararlıdır.

Bir örnek olarak Namibya çöl böceği stenocara’nın taklit edilmesidir. Böcek, ihmal edilebilir yağış alan bir çölde yaşamaktadır. Bununla birlikte, vücudunu rüzgâra doğru eğerek çöl üzerinde hareket eden hızlı hareket eden sisten nemi yakalayabilmektedir. Böceğin sırtının ve kanatlarının değişen hidrofilik – hidrofobik pürüzlü yüzeyinde damlacıklar oluşur ve ağzına doğru yuvarlanmaktadır (Parker ve Lawrence, 2001). KSS Architects’ten Matthew Parkes, Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi için önerdiği sis yakalayıcı tasarımıyla, böcekten esinlenerek organizma düzeyinde süreç biyomimikrisini göstermektedir.

Ravilious (2007) ve Knight (2001), böceğin yüzeyinin çalışıldığı ve havaalanı pistlerinden sisi temizlemek ve nem alma ekipmanını geliştirmek gibi diğer potansiyel

uygulamalar için kullanılmak üzere taklit edildiği organizma düzeyinde daha spesifik bir materyal biyomimikrisini tartışmaktadır.



Şekil 2.21. Matthew Parkes'ın Namibya Hidroloji Merkezi Üniversitesi ve stenokara böceği

Kaynak: (Zari, 2007)



Şekil 2.22. Nicholas Grimshaw & Partners' Waterloo, Dış Hatlar Terminali ve pangolin

Kaynak: (Zari, 2007)

Yukarıdaki şekilde Nicholas Grimshaw ve Partners'ın Waterloo Uluslararası Terminali tasarımı, organizma düzeyinde bir biçim ve süreç biyomimikri örneği göstermektedir. Terminalin, trenler terminale girip çıkarken hava basıncındaki değişikliklere yanıt verebilmesi gerekiyordu. Yapıyı oluşturan cam panel sabitlemeleri, Pangolin'in esnek ölçek düzenini taklit eder, böylece uygulanan hava basıncı kuvvetlerine tepki olarak hareket edebilirler (Aldersey-Williams, 2003).

Ancak bir organizmayı, içinde bulunduğu ekosistemin daha geniş bağlamına nasıl katılabileceğini ve katkıda bulunabileceğini taklit etmeden tek başına taklit etmek, çevresel etki açısından geleneksel veya hatta ortalamanın altında kalan tasarımlar üretme potansiyeline sahiptir (Reap ve diğ., 2005). Organizmaların taklit edilmesi, bütün bir sistemden ziyade belirli bir özellik olma eğiliminde olduğundan, biyomimikrinin, erken tasarım aşamalarında biyologlar veya ekolojistler özellikle

tasarımcıların çok az biyolojik bilgisi varsa ve iş birliği yapmıyorlarsa, binalara entegre olmaktan ziyade binalara eklenen bir teknoloji haline gelmesi potansiyeli devam etmektedir. Bu yöntem, yeni ve yenilikçi yapı teknolojileri veya malzemeleriyle sonuçlanabilirken, sürdürülebilirliği artırma yöntemleri mutlaka araştırılmamaktadır (Zari, 2007).

2.2.4.1.2. Davranış Düzeyi

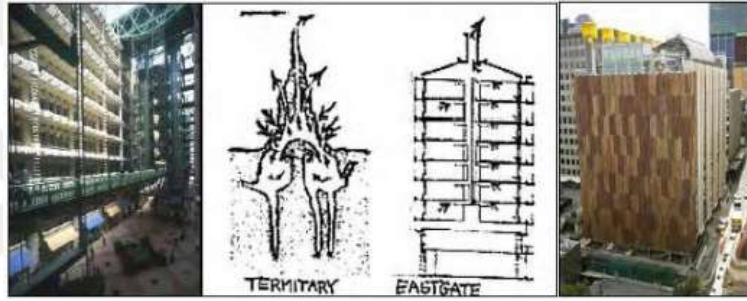
Çok sayıda organizma, insanlarla aynı çevresel koşullarla karşılaşır ve insanların karşılaştığı benzer sorunları çözmesi gerekir. Tartışıldığı gibi, bu organizmalar belirli bir yerin çevresel taşıma kapasitesi içinde ve enerji ve malzeme mevcudiyeti sınırları içinde faaliyet gösterme eğilimindedir. Ekosistemlerde ekolojik niş adaptasyonları yaratan baskıların yanı sıra bu sınırlar, sadece iyi adapte olmuş organizmaların gelişmeye devam etmesi değil, aynı zamanda iyi adapte edilmiş organizma davranışları ve organizmalar veya türler arasındaki ilişki kalıpları anlamına gelmektedir (Reap ve diğ., 2005).

Kaynakların diğer türlere akışını doğrudan veya dolaylı olarak kontrol edebilen ve biyotik veya abiyotik (cansız) malzeme veya sistemlerde ve dolayısıyla habitatlarda değişikliklere neden olabilen organizmalara ekosistem mühendisleri denir (Jones ve Lawton, 1995; Rosemond ve Anderson, 2003).

Ekosistem mühendisleri, habitatı ya kendi yapıları (mercan gibi) ya da mekanik veya başka yollarla (kunduz ve ağaçkakan gibi) değiştirir. İnsanlar kuşkusuz etkili ekosistem mühendisleridir, ancak diğer türlerin bu sistemde yaşam için daha fazla kapasite yaratırken çevrelerini nasıl değiştirebildiğine bakarak değerli bilgiler edinebilirler. Bazı yazarlar, diğer türlerin varlığını kolaylaştırırken, besin döngüsünü arttırırken ve türler arasında karşılıklı olarak yararlı ilişkiler yaratırken kendi yaşam alanlarını değiştiren organizmaların örneklerini ve ayrıntılarını sunmaktadır. Diğer türlerin bina davranışı genellikle “hayvan mimarisi” olarak adlandırılır ve bu tür ekosistem mühendislerinin başka örneklerini sağlayabilir (von Frisch ve von Frisch, 1974; Hansell, 2005).

Kuzey Amerika kunduzunun ünlü örneği (kastor canadensis), peyzajın değiştirilmesi yoluyla sulak alanların nasıl yaratıldığını ve besin tutma ile bitki ve hayvan çeşitliliğinin nasıl artırıldığını, kısmen ekosistemin diğer yaşam koşullarına karşı daha dirençli hale getirilmesine yardımcı olduğunu göstermektedir (Rosemond ve Anderson, 2003).

Davranış düzeyinde biyomimikride, taklit edilen organizmanın kendisi değil, davranışıdır. Organizmalar veya türler arasındaki ilişkileri benzer şekilde taklit etmek mümkün olabilir. Mick Pearce'nin Harare, Zimbabwe'deki Eastgate Binası ve Melbourne, Avustralya'daki CH2 Binası, davranış düzeyinde süreç ve işlev biyomimikrisinin mimari bir örneğini göstermektedir. Her iki bina da termal olarak kararlı bir iç ortam yaratmak için kısmen pasif havalandırma ve termit tepelerinde gözlemlenen sıcaklık düzenleme tekniklerine dayanmaktadır. CH2 Binasının altındaki kanalizasyonlardan çıkarılan (ve temizlenen) su, belirli termit türlerinin buharlaşmalı soğutma mekanizması olarak akifer suyunun yakınlığını nasıl kullanacaklarına benzer şekilde kullanılmaktadır (Zari, 2007).



Şekil 2.23. Harare, Zimbabwe'deki Eastgate Binası ve Melbourne, Avustralya'daki CH2 Binası

Kaynak: (Zari, 2007)

Davranış düzeyinde taklit, taklit edilen şeyin insan bağlamına uygunluğu hakkında etik kararlar alınmasını gerektirir. Tüm organizmalar, insanların taklit etmesi için uygun davranışlar sergilemez ve tüketim veya sömürü modellerinin başka bir türün nasıl davrandığı temelinde haklı gösterilebilmesi tehlikesi vardır. Örneğin, termitlerin bina davranışını (ve bunun sonucunu) taklit etmek, pasif olarak düzenlenmiş termal olarak konforlu binaların oluşturulması için uygun olabilir. Ancak evrensel insan haklarına değer veriliyorsa, termit kolonilerinin sosyal yapısını taklit etmek uygun olmayacaktır. Dikkatli bir şekilde düşünmeden sosyal veya ekonomik alanlara uygulanabilecek taklitlerden ziyade, insan yapılı çevrelerin sürdürülebilirliğini ve yenilenme kapasitesini artıracak belirli bina ve hayatta kalma davranışlarını taklit etmek daha uygun olabilir. Bu konuda tek organizmalar yerine bütün sistemleri taklit etmek daha uygun olabilir (Zari, 2007).

2.2.4.1.3. Ekosistem Seviyesi

Ekosistemlerin taklit edilmesi, Benyus (1997) ve Vincent (2007) tarafından tanımlandığı gibi biyomimikrinin ayrılmaz bir parçasıdır. Ecomimikri terimi, tasarımda ekosistemlerin taklit edilmesini tanımlamak için de kullanılırken (Russell, 2004), Marshall (2007) bu terimi, ‘güç, prestij veya kâr’ yerine ekosistemler ve insanların refahı olduğu sürdürülebilir bir biyomimikri biçimi anlamında kullanmaktadır. Endüstriyel, inşaat ve bina ekolojisi savunucuları ekosistemlerin taklit edilmesini savunurlar ve ekoloji anlayışına dayalı mimari tasarımın önemi, yenileyiciye geçişi savunan araştırmacılar tarafından da tartışılmaktadır (Kibert ve diğ., 2002; Korhonen, 2007; Reed, 2006).

Bu biyomimikri düzeyinde tasarım yapmanın bir avantajı, diğer biyomimikri düzeyleriyle (organizma ve davranış) birlikte kullanılabilmesidir. Ara yüzlü veya biyo-destekli sistemler gibi spesifik olarak biyomimetik olmayan, insan ve insan olmayan sistemlerin her ikisinin de karşılıklı yararına birleştirildiği, mevcut yerleşik sürdürülebilir bina yöntemlerini dahil etmek de mümkündür. Bir örnek, ekosistemlerdeki atık su arıtma sürecinin taklit edildiği ve bitkilerle entegre edildiği John ve Nancy Todd’un Living veya Eco Machines’idir (Todd, 2004; Todd ve Josephson, 1996). Avustralya tarafından geliştirilen Biolytix sistemi, gri ve siyah suyu arıtmak için toprak bazlı ayrışmayı taklit eder ve tekrar gerçek solucanları ve toprak mikroplarını sürece entegre etmektedir.

Ekosistem temelli biyomimetik tasarım yaklaşımının bir diğer avantajı, bir dizi zamansal ve mekânsal ölçeklere uygulanabilir olması ve gerçekten sürdürülebilir ve hatta yenileyici tasarımı neyin oluşturduğuna dair bir başlangıç kriteri veya hedefi olarak hizmet edebilmesidir (Reap ve diğ., 2005).

Bununla birlikte, biyomimetik tasarıma böyle bir yaklaşımın en önemli avantajı, genel çevresel performans üzerindeki potansiyel olumlu etkiler olabilir. Ekosistem tabanlı biyomimikri hem metaforik düzeyde hem de pratik işlevsel düzeyde çalışabilir. Metaforik düzeyde, genel ekosistem ilkeleri (çoğu ekosistemin nasıl çalıştığına bağlı olarak), çok az özel ekolojik bilgiye sahip tasarımcılar tarafından uygulanabilir. Bazı yazarlar bu tür genel ilkeler önermiştir (Benyus, 1997; McDonough ve Braungart, 2002).

Ekosistemlerin nasıl işlediğine dair bu disiplinler arası anlayışların karşılaştırılmasından elde edilen bir dizi ekosistem ilkesi Pedersen Zari ve Storey (2007) tarafından detaylandırılmıştır. Yapılı çevre bir sistem olarak tasarlanmışsa ve

metafor düzeyinde bile bir ekosistem gibi davranması bekleniyorsa, yapılı çevrenin çevresel performansı artabilir (Korhonen, 2007).

İşlevsel bir düzeyde, ekosistem taklitçiliği, ekolojinin derinlemesine anlaşılmasının, gezegenin ana biyojeokimyasal malzeme döngülerine (hidrolojik, karbon, nitrojen vb.) zarar vermektense tasarım ekibinin ekoloji ve sistem tasarımı hakkında daha fazla bilgi sahibi olması gerektiği kesindir. Ayrıca mimarlık, biyoloji ve ekoloji gibi geleneksel olarak nadiren birlikte çalışan disiplinler arasındaki iş birliğinin artırılması da gerekli olacaktır. Böyle bir yaklaşım, geleneksel mimari tasarım düşüncesine, özellikle bir şantiyenin tipik sınırlarına ve bir tasarımın içinde çalışabileceği zaman ölçeklerine meydan okumaktadır (Zari, 2007).

Kibert (2006) benzer fikirleri savunan birkaç yazardan alıntı yaparken, ekosistemleri anlama ve modellemedeki zorluk nedeniyle tasarıma bu tür bir yaklaşımı eleştirir ve “...insan tasarımlarında doğanın taklit edilmesi tek boyutludur [ve] karmaşık olmayan...” Bu, gerçekleştirilmiş yapılı form açısından doğrudur, ancak ekosistemler hakkında bilinenleri taklit etmenin sürdürülebilirliği artırma açısından değerli bir hedef olmadığını veya özellikle de göz önüne alındığında bunun imkânsız olduğunu göstermez. Biyolojik bilgi her 5 yılda bir ikiye katlanıyor olabilecek potansiyeli içinde taşımaktadır (Benyus, 1997).

Tartışıldığı gibi, biyomimikrinin çoğu örneği organizma biyomimetizmidir. Organizma düzeyinde biyomimikri, yeni mimari tasarımlar üretme potansiyeli açısından ilham verici olsa da daha büyük bir sistemin parçası olan, doğal süreçleri taklit edebilen ve yaratılışında, kullanımında ve nihayetinde ömrünün sonunda bir ekosistem gibi işlev görebilir, sürdürülebilirliğin ötesine geçen ve yenileyici olmaya başlayan yapılı bir çevreye katkıda bulunma potansiyeline sahiptir (Van der Ryn, 2005; Reed, 2006; Aldersey-Williams, 2003). Bu, organizma biyomimikrisini ayrıntı veya malzeme düzeyinde engellemez.

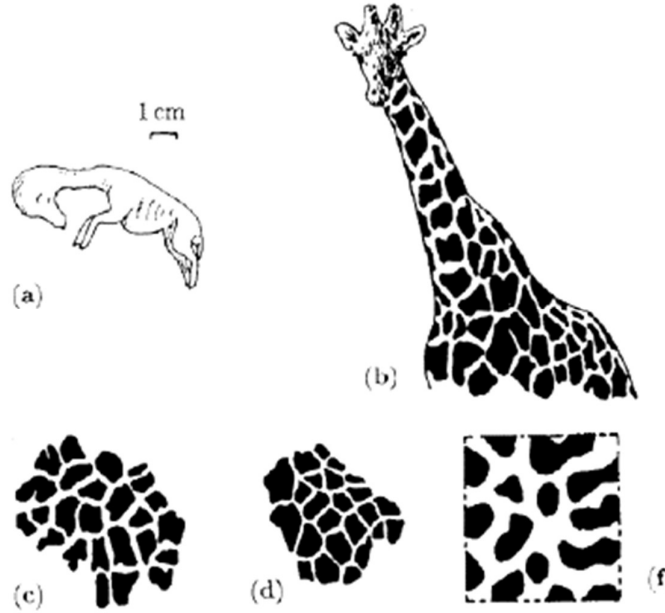
2.2.4.2.Biyomimikride Kullanılan Örüntü Çeşitleri

Biyomimikri kapsamında kullanılan iki çeşit örüntü bulunmaktadır. bu örüntü çeşitleri biçimsel özelliklerini göre olmasıyla geometrik örüntüler ve ikinci olarak fonksiyonel örüntülerdir.

2.2.4.2.1. Geometrik Örüntüler

Doğadan esinlenme ile meydana gelen biyomimikride geometrik örüntüler doğada yer alan canlıların sahip oldukları geometrik şekillerden oluşmaktadır. Burada sadece canlıların genel görünüşleri geometrik örüntü değildir. Ayrıca canlıların hücre biçimleri ve derilerindeki şekiller de geometrik örüntüler içinde yer almaktadır (Özen, 2016).

Aşağıda verilen şekilde anlaşılaacağı üzere zürafaların sahip oldukları derilerindeki şekillerden tekrar sonucunda örüntüler oluşmaktadır. Bu örüntüler biyomimikride kullanılabilir düzleme getirilmektedir. Zürafaların sahip oldukları derilerindeki şekiller her birinde farklı şekilde ortaya çıktığı da belirtilmelidir.



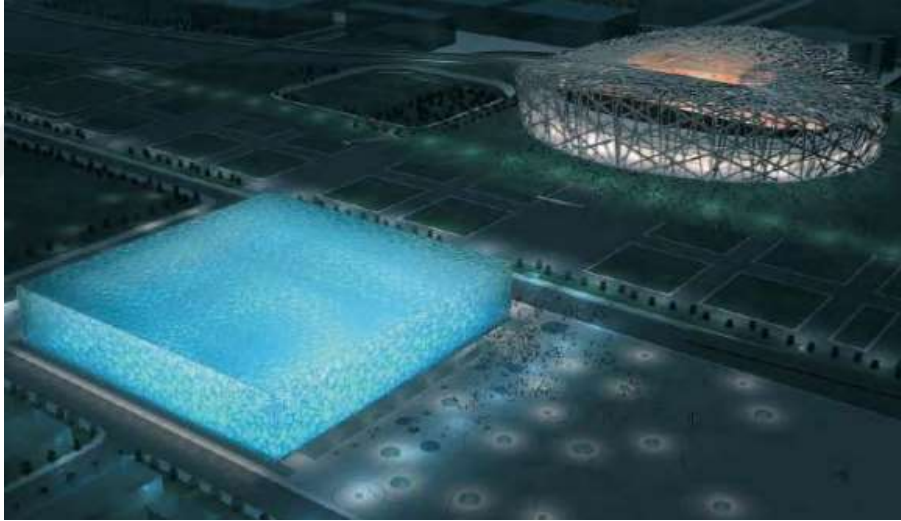
Şekil 2.24. Zürafaların derisinde oluşan örüntülere bir örnek

Kaynak: (Murray, 2003)

Tasarım süreci boyunca geometriyi değişen koşullara uyarlamak zaman alıcı ve maliyetli bir çile olabilir veya diğer yandan, imalat aşamasına kadar önemli değişiklikler olasılığını kolaylaştıran araçlar tasarlanabilir. Bir tasarımın tasarım gereksinimleri ve kısıtlamaları ve performans profilleri her değiştiğinde, tasarımın bu tür değişiklikleri, büyük ölçüde değiştirilirken geometrik ilişkileri muhafaza edebilen değiştirilebilir bir geometrik modelleme düzeni aracılığıyla absorbe edebilmesi önemlidir (Hensel, 2006).

İlginç bir şekilde, malzeme sistemlerinin bu kavramsallaştırılması, hesaplamalı tasarım süreçlerinin hala gizli potansiyelinin kullanılmasını sağlar. Hesaplamalı süreçlerin, tanımlanmış veya gelişen kısıtlı bir alan içinde karmaşık veri kümelerini stokastik olarak türetme ve sistematik olarak işleme gibi her ikisini de aynı anda yapma yeteneği, bir sistemin maddi olarak belirlenmiş sınırları dahilinde performatif kapasitesini keşfetmek için kullanılabilir.

Aşağıda verilen örnekte Pekin’de 2008 yılında inşa edilmiş olan Olimpik Ulusal Su Sporları Merkezi görülmektedir. Ayrıca bu spor merkezinin ismi Water Cube olarak da bilinmektedir. Tasarımın sahibi ise PTW Architects’tir. Water Cube’un tasarımında doğadan esinlenilen noktası sus moleküllerinin kimyasal yapısıdır. Tasarımda esinlenilen su molekül yapısı ise Weaire Phelan strüktürüdür. Bu strüktür doğada birçok canlıda görülen örüntü çeşidi olarak bilinmektedir. Weaire Phelan strüktürü de Denis Weaire ile Robert Phelan tarafından bulunmuştur (Özen, 2016).



Şekil 2.25. PTW Architects, CSCEG Design ve Arup, ‘Water Cube’ Ulusal Yüzme Merkezi

Kaynak: URL-36

Water Cube'ün tasarımında ilham alınan Weaire Phelan strüktürü de aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 2.26. Weaire Phelan strüktürü

Kaynak: URL-37

2.2.4.2.2. Fonksiyonel Örüntüler

Doğadaki canlıların hayatta kalabilmeleri adına sahip oldukları özelliklerin değişime uğrayarak doğa şartlarına uyum sağladıkları evrim içerisinde değerlendirilmektedir.

Mimarlık, doğal dünya gibi, morfogenez, genetik kodlama, kopyalama ve seçilim ilkelerine tabi olan bir yapay yaşam biçimi olarak kabul edilir. Evrimsel bir mimarinin amacı, doğal çevreye özgü simbiyotik davranış ve metabolik dengeyi yapılı çevrede elde etmektir (Frazer, 1995).

Evrimden ayrı düşünülemeyecek olan fonksiyonel örüntülere bakıldığı zaman problem çözme odaklı tasarımlara ilham verdiği görülmektedir. Bununla beraber etki tepki prensibi çerçevesinde oluşan örüntüler olduğu da belirtilmektedir. Bu konuda örnek verildiğinde bukalemunlar gösterilebilir. Çünkü bukalemunlar tehlike ile karıştıklarında renklerini değiştirerek savunma mekanizmalarını hareket geçirirler ve tehlikeye karşı kamufle olmaktadır. Bu özellik sadece bukalemunda değil ayrıca birçok canlıda farklı fonksiyonlar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Buradaki temel anlayış canlıların doğada kalabilmeleri için geliştirdikleri işlevlerdir.

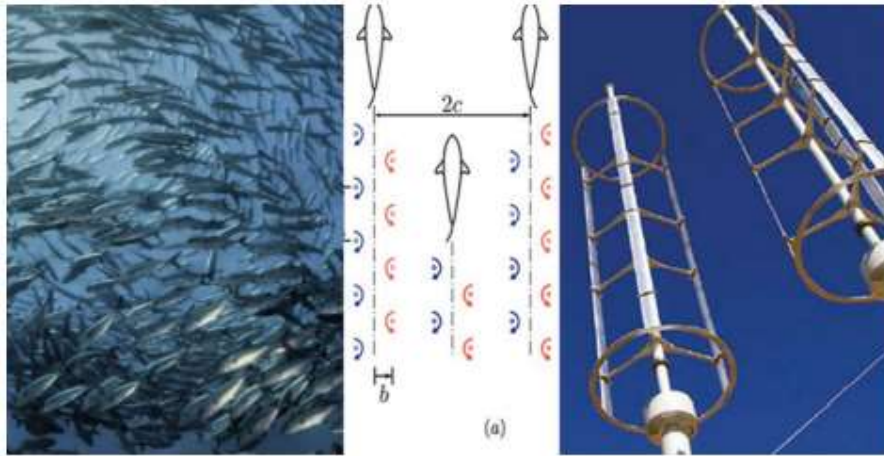
Aşağıda verilen örnekte ise tespih böceklerinin tehlike karşısında sergiledikleri fonksiyonlar gösterilmektedir. Buna göre tespih böcekleri normal davranış bağlamında ilk görseldeki gibi hareket etmektedirler. Ancak tehlike ile karşılaştıklarında öncelikle ikinci daha sonra üçüncü şekildeki görünüme girmektedirler (Özen, 2016).



Şekil 2.27. Tesbih böceklerinin tehlike karşısında girdikleri görünüm

Kaynak: URL-39

Fonksiyonel örüntülerin günlük yaşam içerisindeki örneklerinden bir tanesi sürdürülebilir enerji olan rüzgâr enerjileridir. Ancak rüzgâr enerjisinden verimli şekilde yararlanabilmek adına John Dabiri bir çözüm üretmiştir. Öncelikle problemin tanımlanması daha iyi olacaktır. Rüzgâr tribünleri yerleştirildikleri dağlık arazide birbirlerine yakın şekilde konumlandırılmaktadırlar. Bu da rüzgâr enerjisi verimli şekilde alınmasına engel olmaktadır. Buna çözüm olarak Dabiri su altında yaşayan ve sürü şeklinde yaşayan balıklardan ilham almıştır. Yatay şekilde yerleştirilen rüzgâr tribünleri sürü şeklinde dolaşan ve arkalarında vorteksler bırakan balıkların hareketlerinden esinlenerek rüzgâr tribünlerinin dikey şekilde yerleştirilmesi üzerine bir tasarımda bulunmuştur. Böylece tribünlerden 10 kat daha fazla verim elde edilmiştir (Özen, 2016).



Şekil 2.28. Dabiri'nin türbin tasarımında sürü balıkları

Kaynak: (Howe ve Boyer, 2015)

Sürü şeklinde su altında yaşayan balıkların fonksiyonları rüzgâr tribünlerinin enerji verimliliğini arttırmada fonksiyonel örüntü çeşidinde yer aldığı görülmektedir.

2.2.4.3. Biyomimikride Kullanılan Tasarım Yöntemleri

Biyomimikri doğada yer alan canlıların ve canlıların sistemlerinden hareket ederek tasarımlar gerçekleştirmektedir. Ancak bu tasarımların hepsi aynı prensibe

bağlı olarak meydana gelmemektedir. Bu başlık altında biyomimikride tasarım yöntemleri olarak bilinen biçimsel, fonksiyonel, dokusal, renk ve malzeme ve strüktür yöntemleri değerlendirilmektedir. Bu yöntemlerin her biri ayrı şekillerde tasarımlarda kullanılsa da birlikte değerlendirilerek hazırlanan tasarımlar da bulunmaktadır (Kuday, 2009).

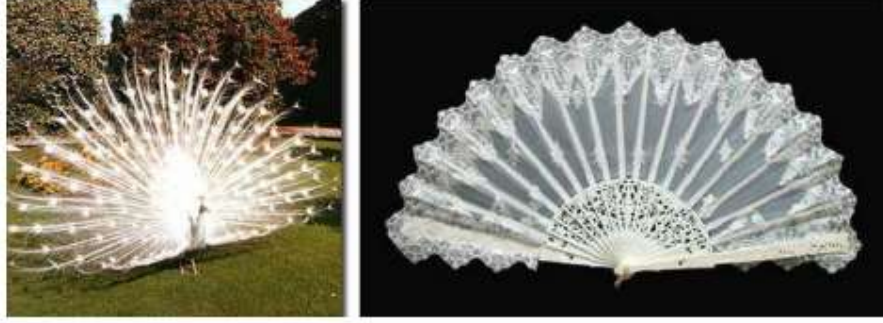
2.2.4.3.1. Biçimsel Yöntem

Örüntü çeşitlerinde bahsedilen fonksiyonel örüntü çeşidinden ayrı düşünölemeyecek olan biçimsel yöntemde canlı organizmaların biçimlerinden hareket edilse de canlıların sahip oldukları biçimlerin fonksiyonlarının da tasarıma aktarılmış olduğu bir yöntemden bahsedilmektedir. Ancak bu tamamen fonksiyonun biçime aktarıldığı tasarımları işaret etmemektedir. Örneğin aşağıda verilen şekilde uçağın tasarımında kuşlardan ve balıklardan yararlanılmıştır. Bu canlıların biçimsel özellikleri alınmıştır ancak fonksiyonel olarak uçakta benzerlikleri ortak değildir. Uçma fonksiyonunda kuşların kanat çırpması söz konusuyken uçakta böyle bir şeyin olmadığı görölmektedir. Şekil yani biçimsel olarak benzerlikleri içinde taşımaktadır. Fonksiyon olarak benzerliğin kurulabileceği tek nokta kuş ve balıklarda hız yapmalarındaki sürtünme gücünün en azda olmasıdır. Böylece suda ve denizdeki canlıların hareket alanlarının olmasından biçimsel yöntem geliştirilmiştir (Kuday, 2009).



Şekil 2.29. Kuş, balık ve uçak

Biçimsel yönteme örnek olarak bir başka tasarım ise günlük yaşam içerisinde serinlemek amacı ile kullanılan yelpazeler gösterilebilir. Buna göre yelpazelerin biçimsel özelliği tavus kuşlarının erkeklerindeki kuyruk şekilleri ilham kaynağı olmuştur (Kuday, 2009).



Şekil 2.30. Tavus kuşu ve yelpaze

2.2.4.3.2. Fonksiyonel Yöntem

Biyomimikri tasarım yöntemlerinden bir diğeri ise fonksiyonel yöntemdir. Fonksiyonel örüntü çeşitlerinden farklı olmayan bu yöntem içerisinde canlı sistemlerinin özelliklerinden yola çıkılarak tasarımlar gerçekleştirilmektedir.

Fonksiyonel yönteme örnek olarak aşağıda gösterilen kargaburun aleti verilmiştir. Karga gagalarının işlevselliğinden yola çıkılarak tasarlanmıştır. Çünkü kargaların gagaları yaşamlarını sürdürmek için malzemelerin bükülerek aktive edilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece beslenme ihtiyaçlarını karşılamak noktasında gagaları sadece yemek için değil yemeği edinmek noktasında bir araç görevi de görmektedir.



Şekil 2.31. Karga ve kargaburun

2.2.4.3.3. Dokusal Yöntem

İnsan yaşamının daha yaşanılabilir olması noktasında etkin olan biyomimikri tasarımlarında kullanılan diğeri bir yöntem de dokusal yöntemdir. Dokusal yöntem canlı sistemlerin doğada var oldukları dokulardan ilham alınarak yapılan tasarımları işaret etmektedir.

Dokusal yönteme örnek olarak mayolar gösterilmektedir. Su altında daha hızlı olunması konusunda sürtünmenin en aza indirilmesinde köpek balıklarının cilt

dokularından yararlanılarak mayolar tasarlanmıştır. Köpek balıklarının su altındaki hızlı ve etkili manevralarında sadece kas sistemlerine bağlı hareket etmedikleri ayrıca cilt dokularının da büyük ölçüde hareket kabiliyetine sahip oldukları araştırmalar sonucunda ortaya konmuştur. Köpek balıklarının cilt dokularından hareket edilerek mayolar yapıldığı gibi çeşitli hava ve su araçlarına da soku açısından tasarımların yapılmasına ilham olmuştur (Kuday, 2009).



Şekil 2.32. Köpekbaliğı derisi ve Speedo Fastskin dokusu

Kaynak: URL-40

2.2.4.3.4. Renk Yöntem

Biyomimikri tasarım yöntemlerinden bir diğeri de renk yöntemidir. Burada doğada yer alan canlıların renklerinden yola çıkılarak tasarımlar gerçekleştirilmektedir. Temel gaye tasarımlarda doğadaki gibi görsel estetiğin sağlanmasıdır.

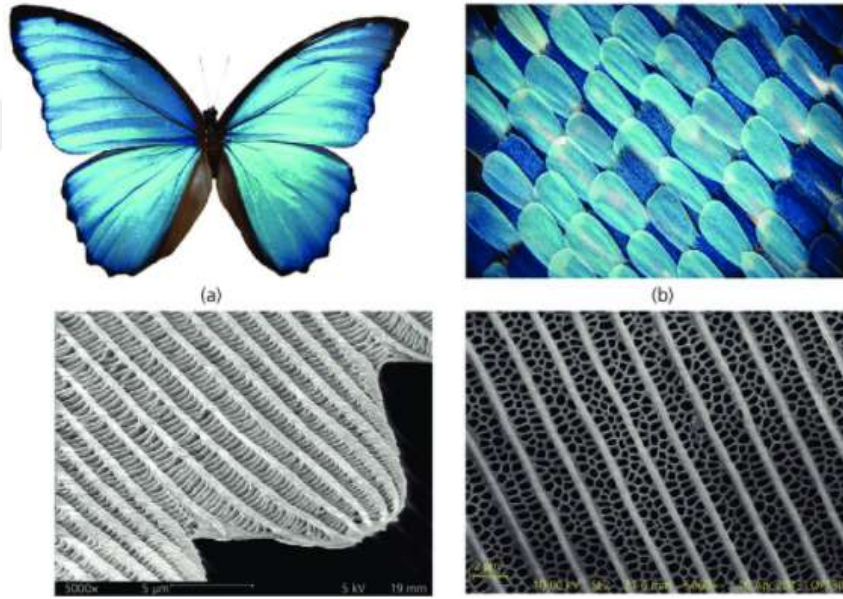
Doğadaki renklerin sadece biyomimikri tasarımlarda kullanılmadığı diğer disiplinlerde de yer almaktadır. Biyomimikride renk yönetiminin varlığı ise doğanın insan hayatına yansması için gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda çevrimiçi ortamlarda doğadan esinlenen renklerin kullanılarak insanlarda doğa algısının oluşturulması gerçekleştirilebilmektedir (Yuran ve Taşgetiren, 2010).

Biyomimikride renk yöntemi mimari alanda hem dış cephede hem de iç mimaride kullanılmaktadır. Aşağıda erilen örnekte ağaç yapraklarının düzensiz dağılımından ilham alınarak dizayn edilmiş halı görülmektedir. Halıda tek bir rengin tonlarından yararlanılarak renk yönetimi yapıldığı görülmektedir. Ayrıca bu halının diğer bir özelliği ise bir bütünden oluşmuyor renklere göre parçalardan meydana geliyor olmasıdır (Tarhan, 2019).



Şekil 2.33. Entropi halı ve düzensiz yapraklar

Nanoteknolojinin gelişmesiyle bilim insanları Morphotex'in hareket etmesiyle farklı renklere dönüşen etkisini meydana getirmişlerdir. Bu etkiye 'Strüktürel renk' adı verilmektedir. Bir tekstil firması morfo kelebeklerinin kanat yapılarını taklit ederek Morphotex fiberini üretmiştir (Yıldız, 2012).



Şekil 2.34. Morfo kelebeği ve Morphotex fiberi

Kaynak: URL-17

2.2.4.3.5. Malzeme ve Strüktür Yöntem

Tasarımcılar malzeme yapıları içinde esinlenmektedirler. Doğadan esinlenilerek yapılan tasarım yöntemlerinden birisi olan malzeme ve strüktür yöntemde doğadaki canlıların sahip oldukları sistemlerin malzeme ve strüktürlerinden yararlanılmaktadır (Karabetça, 2016).

Malzeme ve strüktür yöntemine örnek olarak HydroSkin" projesi gösterilebilir. Hensel ve Menges, morfogenezin öncelikle hücre dağılımını dengeleyen kontrol

süreçleriyle ilgili olduğunu ve organizmanın gelişimi sırasında ortaya çıktıklarını iddia etmişlerdir. Bu yaklaşımda, morfogenez, gerekli performans kapasitelerinin yanı sıra ölçeğe ve boyuta özgü davranışlara sahip malzeme sistemi geliştirmeleri ile bağlantılı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, verilen ortam ona uyarıcı sağlarken, sistemin her aşamada bir dizi dışsal etkiye maruz kalmasını da içermektedir (Hensel ve Menges, 2008).

Menges, ahşabın anizotropik doğası nedeniyle bu olgunun mimari tasarım öğeleri için kullanılabileceğini belirtmiştir. Mimarlar için çok ilham verici bir bulgu olmuştur. İklim değişikliklerine tepki verme kapasitesine sahip “havaya duyarlı” bir unsur olan “HydroSkin” projesini 2012’de bu düşünce üzerinden hayata geçirilmiştir (Menges, 2012).



Şekil 2.35. HydroSkin projesi

Kaynak: URL-3

Menges tarafından meteoroduyarlı morfolojiler için Higroskop kullanımı, 2012 yılında Paris’te Steffen Reichert ve Centre Pompidou ile birlikte gerçekleştirdiği bir başka örnek ise aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.36. Higroskop projesi

Kaynak: URL-3

Projeleri, malzemelerin doğal davranışına ve ayrıca hesaplamalı morfogenez tarafından sunulan seçeneklere dayanan duyarlı mimariyi araştırmak üzerine olmuştur. Menges, iklime duyarlı bir mimari tasarım oluşturmaya gelince, ahşabın neme veya nemli havaya maruz kaldığında boyutsal olarak oldukça kararsız olduğunu göstermiştir. Menges’in modeli, iklim değişikliklerine cevap vermek için açılıp

kaplanır ve herhangi bir enerji (elektrik veya gaz) veya herhangi bir teknik ekipman kullanımını gerektirmemektedir. Nem değişimleri malzemenin nem seviyesine göre hafif ve sessiz ayar ve hareketler yapmasına neden olur. Bunun için Menges, nem kontrollü bir cam kasa kullandı; bu nedenle malzeme yapısı mekanik bir sıcaklık kontrolörü görevi görmektedir (Menges, 2012).

2.3. Çevresel Sürdürülebilirlik ve Biyomimikri

Günümüzün endüstriyel ve ekonomik uygulamaları sayısız soruna neden olmakta ve birçok kişi, şirket ve kuruluş sürdürülebilir çözümler aramaktadır. Kötü tasarlanmış endüstriyel sistem, ürün ve binaların neden olduğu çevresel ve sosyal bozulmayı göz önünde bulundurarak, tasarım alanı ve tüm alt meslekleri: mimarlık, endüstriyel tasarım, etkileşim tasarımı, mühendislik vb. sürdürülebilirlik için önemli bir odak noktası haline gelmiştir (Stegall, 2006).

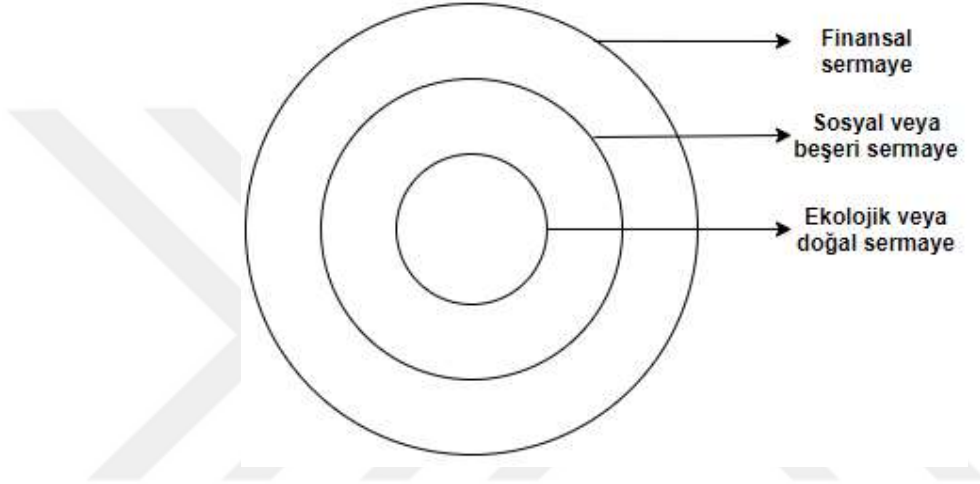
Hemen hemen her tasarım disiplinde “sürdürülebilir”, “yeşil” ve “çevre dostu” kavramları slogan haline gelmiştir (Stegall, 2006). Kirliliğin ve aşırı tüketimin gezegeni ve doğal kaynakları mahvetmesini önlemek için hükümetler, topluluklar ve endüstriler de tasarım üzerinde pratik yaparak çalışmaktadır. İklim değişikliği, kaynak kıtlığı, çevresel bozulma, artan sosyal zorluklar, toplumda algılanan bozulma; genel söylemle, insanlar ve gezegen için iyi atılımlarda çalışmalar yürütmektedirler (Young, 2010).

Sürdürülebilirlik kavramı tüm dünyada giderek daha önemli hale gelmektedir. Sürdürülebilirlik, yeşil veya çevre anlamına gelen eko gibi çok fazla eş anlamlı ve moda kelimeye sahiptir. Ayrıca, iş açısından başka moda sözcükleri de vardır. Bunlar çevre yönetimi, kurumsal sosyal sorumluluk, yeşillendirme, endüstriyel ekoloji, paydaş yönetimi, yaşam döngüsü yönetimi, kirlilik önleme, sürdürülebilir kalkınma, çevre için tasarım (DfE), yeşil tasarım, kentsel yeniden yatırım, kahverengi alanların yeniden geliştirilmesi, ISO 14001, atık azaltma, kapalı döngüler, kaynak üretkenliği, sürdürülebilir teknoloji, radikal işlemsellik, sistem düşüncesi, kurumsal yönetişim ve temiz teknoloji şeklindedir (London, Hart ve Kacou, 2011).

Sürdürülebilirliğin tanımı farklı gruplara, bireylere göre değişebilmekte, bu da onu tartışmayı bazen zorlaştırmaktadır. Her şeyden daha az anlamına gelen bir yaşam biçimine yönelik bir tehdit veya hem büyük hem de küçük kısıtlamaların rasyonel bir karışımı ve her düzeyde insan ihtiyaçlarına hizmet etmenin bir yolu olarak yorumlanabilir (Shedroff, 2009).

Brundtland Komisyonu'nun (1987) sürdürülebilirlik tanımı, üzerinde en çok anlaşmaya varılan tanımdır: “*Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan (kullanım ve geliştirme)*” ve Shedroff (2009) bu tanımı basitçe “*Yarını kötüleştiren şeyleri bugün yapmayın*” şeklinde özetlemektedir.

Sürdürülebilirlik bunların hepsinden daha fazlasıdır. Çevresel, insani ve finansal konuları ifade etmektedir.



Şekil 2.37. “Sürdürülebilirliğin Üç Ayağı” arasındaki ilişkinin bir diyagramı

Kaynak: (Shedroff, 2009)

Walker ve Giard (2013: 4) sürdürülebilirliğin temellerini şöyle açıklıyor: “...postmodernitenin (ya da bazen atıfta bulunulan şekliyle geç modernitenin) en belirgin özellikleri, insan hakları ve sosyal eşitlikle ilgili endişeler biçimindeki sosyal düşünceleri kabul etmesidir ve insan eylemlerinin çevresel sonuçlarının giderek daha fazla tanınması. Bu sosyal ve çevresel kaygılar, sürdürülebilirliğin ana sütunlarından ikisi ve sürdürülebilirlik için herhangi bir kapsamlı tasarım anlayışındaki ana faktörlerdir. Ekonomik konular genellikle üçüncü sütun olarak tanımlanır...” (Wilkinson ve Pickett, 2009).

Bu, yukarıdaki şekilde görülebileceği gibi daha ayrıntılı olarak açıklanırsa, sürdürülebilirliğin şunları kapsamaması gerekir: insanlar (topluca “insan sermayesi” olarak bilinir), kültürler, ihtiyaçlar ve arzular; bizi ayakta tutan çevre (“doğal sermaye” olarak bilinir) ve çoğu tasarım biçimini geliştiren finansal mekanizmalar (“finansal sermaye” olarak bilinir) (Shedroff, 2009).

Tasarımcıların dünyayı daha sürdürülebilir hale getirmede çok önemli bir rolü bulunmaktadır. Daha sürdürülebilir bir finansal (ekonomik) ve sosyal düzene

ulaşmanın yollarını bulmaları ve bir dizi çevresel soruna çözümler sunmaları gerekmektedir (Stegall, 2006).

1970'lerin ortalarına kadar eko-tasarım ayrı bir disiplin değildi. İlk olarak, çevresel kaygıları eserlerin tasarımına ve inşa edilen dünyaya entegre etmeye çalışmak için ortaya çıkmıştı. Öte yandan, Leopold ve Naess gibi ekolojistler tarafından daha önce dile getirilen kaygılar ve Mumford gibi insanlar tarafından sunulan daha sürdürülebilir bir dünya görüşü için sosyoekonomik ve politik eleştiriler ve vizyonlar; Bookchin, Packard, Nader ve Schumacher eko tasarımın kökleridir. Alıntılar, çevresel kaygı için bir katalizör olarak 1962'de Rachel Carson'ın Silent Spring'inden ve eko-tasarım hareketinin ortaya çıkmasını tetikleyen Victor Papanek'in 1971'de Gerçek Dünya için Tasarım'ından yapılmıştır.

İkinci çevresel kaygı dalgası The Bruntland Report (1987) ile ortaya çıkmıştır. Bu yeşil tüketici devrimi ile ilgilidir. Tasarım, daha yaygın eko-ürünlerin geliştirilmesinde ve bunların tüketici tarafından kabulünün artırılmasında önemli olarak görülmüştür.

1990'ların başında tasarımcılar bu mesajları dikkate almaya başlamışlar ve 'çevre için tasarım' şirket gündemine yerleştirilmiştir. Tasarımcıların alanını genişletmeyi amaçlayan büyüyen bir hareket gerçekleşmiştir. Bu girişim, farklı mal ve hizmet türlerine olan ihtiyacı yeniden tanımlayan sürdürülebilir günlük yaşam için bir vizyon yaratılarak yapılmaktaydı. Ezio Manzini (2003), bu hareketin bir parçasıydı. Gündem, biyolojik ve ekolojik sistemlere ve doğal kalıplar ve morfolojik süreçlere dayalı yeni yaklaşımlar yoluyla değişmekteydi. The Product Life Institute'daki Stahel ve diğerleri, "ürün servis sistemlerini" yeniden yapılandırarak yeni kaydıleştirme adı verilen trendin öncüleri olarak gösterilebilir (Richardson, Irwin ve Sherwin, 2005).

Sürdürülebilir tasarımın tarihine göre eko-tasarım kavramının ortaya çıkmasıyla gelişmeye başladığı söylenebilir. Sürdürülebilir tasarımı daha iyi anlamak için Chris Sherwin'e ait değerlendirme incelenebilir. Buna göre Sherwin (2004), eko-tasarım ve sürdürülebilir tasarımın teorik alanlarını ve sayısız yöntem, araç ve yaklaşımın yazıldığını tartışmaktadır. Kişisel deneyim ve gözlemlerine bağlı olarak birçok tasarımcının bu kavramlar konusunda karmaşıklık ve eksiklikle karşı karşıya kaldığını düşünmektedir.

Sherwin'e (2004: 22) göre, "sürdürülebilirlik" veya "sürdürülebilir kalkınma" kavram ve terimlerinden sonra, ortaya çıkan çevresel koşullara yanıt olarak tasarım topluluğu tarafından eko-tasarım, sürdürülebilir tasarım ve sosyal baskılar ve daha

geniş sürdürülebilirlik eğilimleri veya sürdürülebilirlik için tasarım kavramları oluşturulmuştur.

Eko-tasarım basitçe ‘tüm yaşam boyunca doğal kaynakların verimli kullanılmasını amaçlar... ürün’ olarak tanımlanır. Temel olarak, çevresel konular, tasarımın toplam çevresel etkilerini azaltmak amacıyla geliştirme sürecine ve/veya sonuçlarına entegre edilir. Sürdürülebilir tasarım, eko-tasarımdan daha büyük bir şeydir. “Eko-tasarımın ötesine geçer” (Sherwin, 2004).

Sürdürülebilir tasarımı anlamak ve onu diğer kavramlardan ayırmak için teori, pratik ve zihinsel modeller açısından aşağıdaki kutuplar yardımcı olabilir:

- “*Sistem yeniliği veya yeni konsept, ürün veya iş geliştirme gibi daha yenilikçi uygulamaları ve daha yüksek yenilik seviyelerini birleştirin*” (Brezet, 1997);
- “*Sürdürülebilirliğin sadece ‘yeşil olmaktan’ daha geniş bir değerlendirmeye sahip olması anlamında, etik ve sürdürülebilirliğin sosyo-ekonomik boyutlarını dahil edin*” (Charter ve Tischner, 2001); veya
- Ekolojik ilkeleri (doğa ve doğal süreçler) ‘tasarımın malzemeleri’ olarak kullanın” (Beard ve Hartmann, 1997; Sherwin, 2004: 22).

Sürdürülebilir tasarım için çeşitli araçlar, yöntemler, stratejiler ve yaklaşımlar (çerçeveler) vardır. Bunlar tasarımcılar tarafından kullanılmak üzere benimsenebilir. Sürdürülebilir tasarımın mevcut tanımlarının ve söylemlerinin çerçevesinin halen ağırlıklı olarak pazar temelli bir ekonomide sürdürülebilir üretim ve tüketim teması tarafından oluşturulduğu da eklenmelidir (Chick ve Micklethwaite, 2011).

Araçlar ve yöntemler aşağıda kabaca sunulmuştur (Richardson, Irwin ve Sherwin, 2005):

- Atık yönetimi hiyerarşisi
- Faktör X eko-verimlilik kavramı
- Yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA)
- Beşikten beşiğe
- Ürün servis sistemleri (PSS)
- Ismarlama ürünler-hizmetler
- Ecodesign inovasyonunun dört adımlı modeli
- Biyodüşünme/Biyomimikri
- Kullanıcı merkezli tasarım
- Desen dili

- Manzini'nin ilkeleri

Stegall (2006), David W. Orr'dan (1992: 1) alıntı yaparak sürdürülebilirliğin krizini vurgular: *“Sürdürülebilirlik krizi, insanlık ve yaşam alanı arasındaki uyum, dünyanın her yerinde farklı şekillerde ve derecelerde kendini gösteriyor. Bu sadece siyasi gündemde kalıcı bir özellik değil; tüm pratik amaçlar için gündemdir. Politika, ekonomi ve kamu politikasının başka hiçbir sorunu kaynaklar, nüfus, iklim değişikliği, türlerin yok olması, asit yağmuru, ormansızlaşma, ozon tabakasının incilmesi ve toprak kaybindan etkilenmeyecek. Sürdürülebilirlik, insanın hayatta kalmasının şart ve koşullarıyla ilgilidir...”*

Mevcut ‘çevre için tasarım’ görüşleri, sürdürülebilirlik krizini tam olarak çözemeyeceğini göstermektedir, çünkü yalnızca bir ürünün fiziksel özelliklerine (malzeme yapısı, enerji kullanımı, imalatı, nakliyesi ve bertarafı) odaklanmak, varlık sorununu çözmekte yetersiz kalmaktadır. Modern dünyadaki tasarımcılar çoğunlukla ürün ve teknolojinin fiziksel sorunlarına odaklanır. Bu, mevcut sürdürülebilirlik krizini yaratmaktadır. Yalnızca güneş enerjisi kullanan, toksin salmayan ve kullanım ömrünün sonunda yüzde yüz geri dönüştürülebilen bir ürün tasarlanabilir ve üretilebilir, ancak onu kullanan herkes bunu yapmadıkça yine de gerçekten sürdürülebilir olmayacaktır. İnsanların benimsediği yaşam tarzı, hayatta kalma yeteneklerini hızla yok etmektedir (Stegall 2006). Lockton, Harrison ve Stanton (2013: 432) ve Chapman'ın (2009) görüşüne göre *“sürdürülebilirlik krizi sadece teknoloji, üretim ve hacimle ilgili değil, davranışsal bir sorundur”*.

Bu apaçık; o zaman tasarımcının rolü sürdürülebilir ürünlerin ötesine, değişen tüketime, yaşam tarzı özelemlerine ve sürdürülebilir bir gelecek yaratmak için seçimlere kadar uzanması gerektiğini göstermektedir. Bu, davranışlarda temel değişiklikler gerektirmektedir. İnsanların davranışlarını etkilemek, daha sürdürülebilir yaşam tarzları, diğer bir deyişle sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir.

Klein'ın (2009: 1) belirttiği gibi, insanın çevre üzerindeki etkisini azaltmak her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. İnsanın çevre üzerindeki etkisini azaltmak her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. Binalarımızın doğal ve yapıllı çevre üzerinde muazzam bir etkisi bulunmaktadır ve şimdi bu, halk, tasarımcılar ve müşteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Sürdürülebilir tasarım geliştiği ve yaygın olarak kabul gördüğü sürece, yeni yaklaşımlardan biri olarak biyomimikri sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmak için ilerlemektedir.

Özetle, biyomimikrinin en önemli yönlerinden biri sürdürülebilirlik ve inovasyon kavramlarıyla olan ilişkisidir. Biyomimikride doğa bir model olarak kullanılır. Doğal dünyadaki elementlerin zaman içinde gezegendeki yerlerini korumak için evrim geçirmeleri nedeniyle, doğadaki çözümlerin çoğu zaman daha sürdürülebilir olduğu görülmektedir (Cattano, Nikou ve Klotz 2011: 177).

Benyus (2009) görüşünü şu şekilde ifade etmiştir: “*Gerçekten sürdürülebilir olana baktığımızda, uzun süreler boyunca çalışan tek gerçek model doğal dünyadır*”. Örneğin, Zimbabwe Harare’de The Eastgate Centre adında biyomimikri ilkesine dayalı olarak inşa edilmiş bir bina bulunmaktadır. İnsanların tipik olarak kullandığı ve enerjiye ihtiyaç duyduğu daha geleneksel iklimlendirme yöntemleri yerine pasif bir soğutma sistemine sahiptir. Bu tasarım, termit höyüklerinin şeklinden esinlenmiştir ve enerjinin %10’undan daha azını (çevresel sütun) kullandığı için daha sürdürülebilirdir. Bu sayede sahiplerine 3,5 milyon dolar (ekonomik dayanak) tasarruf sağlamaktadır (Cattano ve diğ., 2011). Ayrıca, biyomimikrinin temel fikri, doğanın uğraştığımız birçok sorunu çözmüş olmasıdır. Hayvanlar, bitkiler ve mikroplar mükemmel mühendislerdir. Milyarlarca yıllık araştırma ve geliştirmeden sonra, başarısızlıklar fosildir ve bizi çevreleyen şey hayatta kalmanın sırrıdır. Doğada saklı birçok farklı çözüm ve fikir bulunmaktadır. Doğadaki bu çeşitli çözümler, yaratıcılığın geliştirilmesinde çok aktif bir rol oynar ve bu da sürdürülebilir yenilikçi çözümler ve fikirleri teşvik eder ve yönlendirir.

2.3.1. Sürdürülebilirlik

1987 yılında, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED), insanlığın doğa ile bir arada yaşaması, Dünya Gezegeninin çalışma şeklini etkilemesi ve böylece uzun vadede yaşamı tehdit eden durumlar (örneğin yenilenebilir kaynakların kirlenmesi, yenilenemeyen kaynakların tükenmesi, iklim değişikliği vb.) etkileri şimdiden görülmeye başlanmıştır. Yaygın olarak Ortak Geleceğimiz olarak bilinen rapor, ‘sürdürülebilirlik’ terimini “...gelecek nesillerin potansiyelini tehlikeye atmadan ihtiyaçlarımızı karşılamak” olarak tanımlayarak Dünya Gezegeninin içinde bulunduğu tüm ilgili durumları açıklamaktadır. Geçtiğimiz 25 yıl içinde, birçok yazar sürdürülebilirliği üç anahtar yönü kullanarak tanımlamaktadır: Walker (2008: 26) şu şekilde ifade etmektedir: çevresel, ekonomik ve sosyal kalkınma: “aynı anda üç temel konuyu dikkate alan bir kalkınma türü: ekonomik, etik ve sosyal kaygılar ve çevre yönetimi.”

1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı sonucunda sürdürülebilir kalkınma kavramına ilişkin 27 ilkedен oluşan çevre ve kalkınma hakkında Rio Deklarasyonu yayınlanmıştır. Küresel düzeyde çeşitli kaygıları ele alan bu ilkelerden bazıları üç temel açıdan şunlardı (Declaration, 1992):

- 4. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için çevre koruma, kalkınma sürecinin ayrılmaz bir parçasını oluşturmalıdır ve ondan ayrı düşünülemez.
- 8. Tüm insanlar için sürdürülebilir kalkınma ve daha yüksek bir yaşam kalitesi elde etmek için devletler, sürdürülemez üretim ve tüketim kalıplarını azaltmalı ve ortadan kaldırmalı ve uygun demografik politikaları teşvik etmelidir.
- 12. Devletler, çevresel bozulma sorunlarını daha iyi ele almak için destekleyici ve açık bir uluslararası ekonomik sistemi teşvik etmek için iş birliği yapmalıdır.
- 23. Baskı, tahakküm ve işgal altındaki insanların çevresi ve doğal kaynakları korunur.

Bildiride belirtildiği gibi, sürdürülebilir kalkınmanın merkezinde çevre koruma yer almaktadır ancak gelişmekte olan ülkelerin ekonomik kalkınması ve ülkeler arasındaki sosyal eşitlik de sürdürülebilir kalkınma için çok önemlidir. İngiltere'deki İklim Araştırma Birimi'ne göre, 2001-2012 on yılı 1850'den bu yana en sıcak on yıl olmuştur ve en sıcak on yıllık listede dokuz yıl (2008 hariç on yılın tüm yılları) yer almaktadır (Jones, 2012).

2007'de, gezegenin biyolojik kapasitesi tüketilen miktarın neredeyse iki katı (11,9 gha'ya karşı 18 milyar gha) aşıldı ve Amerika Birleşik Devletleri ve Çin, Dünya'nın biyolojik kapasitesinin sırasıyla yüzde 21 ve 24'ünü tüketmekten sorumlu ve sadece 10 ülke toplamda yarısından fazlasını tüketmektedir. Bu rakamlar, Rio Deklarasyonu'nu takip eden yirmi yıl içinde, çevre yönetimi ve sosyal eşitlik açısından sürdürülebilir kalkınmaya yönelik ilerlemenin daha da uzakta olduğu gerçeğini desteklemektedir ve bu aynı zamanda Birleşmiş Milletler Konferansı'nın sonuç belgesinde de kabul edilmektedir. 2012'de Sürdürülebilir Kalkınma, yani "İstedığımız Gelecek"tir: *"Sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutunun entegrasyonunda 1992'den bu yana, özellikle gelişmekte olan ülkeler olmak üzere sürdürülebilir kalkınmayı başarmak için tüm ülkelerin yeteneklerini tehdit eden birden fazla finansal, ekonomik, gıda ve enerji krizleri tarafından ağırlaştırılan, yetersiz ilerleme ve gerileme alanları olduğunu kabul ediyoruz"* (The Future We Want, 2012: 4).

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında kritik sorunlara yol açan sürdürülemez üretim ve tüketim kalıplarının yeniden düşünülmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın üç temel yönü göz önünde bulundurularak yeniden ele alınmalı ve uygun şekilde dönüştürülmelidir (Declaration, 1992). Sürdürülebilir olmayan üretim ve tüketim araçları, küresel endüstriyel ekonominin doğrudan bir sonucu olarak sanayi devrimi tarafından körüklendi: “*Dünyanın taşlaşmış kaynak arzını aşırı sömürme yeteneği, ekonomik ilerleme dediğimiz şeydir*” (Hawken, 1993: 21; Ternaux, 2011: 52).

Mevcut endüstriyel sistem içinde, malları yeniden şekillendirmenin ve insanlığa sunmanın etkin bir yolu olarak seri üretime güvenmek ve bunun sonucunda bu malların kitlesel tüketiminin ortaya çıkması, insanın çevresini şekillendirme arayışında bir gelişme olarak kabul edilmiştir. Ancak, Hawken’in öne sürdüğü gibi, “talep etme kapasitemizin ne kadar güçlü ve yıkıcı bir etkiye sahip olduğunun farkında olmadığımız için” bu gelişmenin sonuçları ve etkileri görünür olmamıştır (Hawken, 1993: 26).

Kitlesel üretimin önkoşulu olarak hâlâ geçerli olan bu gerçek, iş bölümü hâlâ ağırlıklı olarak kitlesel tüketimi desteklemektedir. Seri üretim hala daha verimli bir üretim yolu yaratma potansiyeline sahiptir, ancak şu anda karşı karşıya olduğumuz şey, insanların yaptıklarının sonuçlarındandır. Örneğin dışsallaştırılmış üretim ve tüketim ve bunun çevresel ve sosyal etkileri şeklinde gösterilmektedir (Walker, 2008: 27).

Mevcut üretim ve tüketim sistemine, sürdürülebilir kalkınma meydan okumaktadır, çünkü mevcut yaklaşım, söz konusu sınırlı kaynakların aksine, aslında sınırsız büyümeyi varsaymaktadır (Fuad-Luke, 2009: 23). Bu da beraberinde “verimlilik” ve “yeterlilik” kavramlarını getirmektedir. Sürdürülebilir bir dünyaya ulaşmak için, enerji ve malzemelerin verimliliği artırılarak kullanımı azaltılabilir ve mevcut yaşam kalitesi sürdürülebilir ve hatta belki de iyileştirilebilir (Meadows ve diğ., 1992: 140). Öte yandan verimlilik konusundaki bu tür yenilikler çevresel etkileri ve ekonomik maliyetleri azaltsa da “tüketim artmaya devam ettiği sürece sürdürülebilir kalkınmaya yol açmayabilir” (Cooper, 2005: 59).

2.3.1.1. Sürdürülebilir Tasarım ve Yaklaşımları

Geçtiğimiz kırk yılda, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik çeşitli araçlar ve yaklaşımlar ortaya çıkmış ve sürdürülebilirlik kaygılarının çok yönlü yapısını ortaya

konmuştur. Şimdi sürdürülebilir kalkınmanın zorluğu, mevcut günlük ihtiyaçlarımızı ve isteklerimizi yeniden gözden geçirmek ve bugün var olan yerler, mekanlar ve sistemler içinde sürdürülebilirliği sağlamak için alternatif yollar hayal etmektir (Walker, 2008: 28). Bu zorluğun üstesinden gelirken, sürdürülebilir üretim ve tüketime ulaşmak için geliştirilmiş farklı yaklaşımlar ve araçlar bulunmaktadır. Aşağıda verilen tabloda tasarımı ile ilgili olanlar üçe ayrılmıştır: yaşam döngüsü değerlendirmesi ve eko tasarım, sürdürülebilirlik ve sistem düşüncesi ve sürdürülebilirlik için ürün tasarımı.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi ve eko-tasarım yaklaşımları, temel olarak, bir ürünün veya sistemin tasarımından atılmasına kadar tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin nicelleştirilmesine ve bu ürün veya sistemin çevresel etkilerini azaltmaya yönelik iyileştirmelere odaklanmaktadır. Sürdürülebilirlik ve sistem düşüncesine dayalı yaklaşımlar, sürdürülebilir tüketim ve üretim araçlarına ulaşmak için tasarım ve üretim sistemlerinin sosyal yönlerini tasarlamak ve vurgulamakla ilgilidir. Sürdürülebilirlik için tasarım yaklaşımları, ürün ölçeğinde tasarım yapmak, sürdürülebilirliği sağlamak için yeniden düşünmek yoluyla ürünlerin tasarlanma ve kullanılma biçimlerine daha fazla odaklanmakla ilgilidir.

2.3.1.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Eko-Tasarım

Beşikten Beşiğe

‘Beşikten Beşiğe’ üretim için kullanılan kaynakları teknik ve biyolojik ‘besinler’ olarak ayırmaya yönelik bir yaklaşımdır ve bu besin gruplarının her birinin kendi yakın döngü döngülerine sahip olmasını amaçlar. Yaklaşım, endüstriyel ve doğal sistemlerin ilgili yakın döngülerini gerçekleştirerek, israfı üretim için bir kaynağa dönüştürerek ortadan kaldırmayı amaçlar (McDonough ve Braungart, 2002).

Çevre için Tasarım

Çevre için Tasarım, sürdürülebilirlik konularına (yani çevre yönetimi, insanların güvenliği ve refahı ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği) ilişkin yaşam döngüleri boyunca ürünler ve süreçler yaratmayı amaçlar (Fiksel, 2009).

Doğal Adım

1989’da İsveç’te Karl-Henrik Robert tarafından kurulan Natural Step, sürdürülebilir bir toplum için dört sistem koşuluna ulaşmaya çalışan kâr amacı gütmeyen bir kuruluştur: Doğal kaynakların aşırı derecede çıkarılması, doğal olmayan, insan

yapımı zehirli malzemelerin kullanılmaması, aşırı hasat veya diğer modifikasyonlar yoluyla çevresel bozulma olmaması ve dünya çapında insan ihtiyaçlarını karşılama yeteneği (Robert, 2002: 65)

Sürdürülebilirlik ve Sistem Düşüncesi

Ürün Servis Sistemleri (PSS)

Ürün Hizmet Sistemleri (PSS), tüketici ihtiyaç ve tercihlerini karşılamak için ürünlerin ürün ve hizmet sistemleriyle değiştirilmesini öneren yenilikçi bir iş modelidir. PSS aracılığıyla; mevcut ürünlere göre daha yüksek katma değer ve daha az çevresel etki elde edilmesi amaçlanmaktadır (Manzini ve Vezzoli, 2002).

Yavaş Tasarım

Yavaş tasarım, tasarlanan ürünlerin, ortamların ve sistemlerin insanlar ve çevre üzerindeki olumlu etkilerini öngören yaratıcı düşünce, süreçler ve sonuçlara yönelik bütünsel bir yaklaşımdır. Yaklaşım, mevcut süreçleri ve teknolojileri yapıcı bir şekilde eleştirerek “daha yavaş, daha fazla düşünülmüş ve yansıtıcı bir süreci” teşvik eder (Fuad-Luke, 2009: 22). Bu durumda, yavaşlık harcanan zamana atıfta bulunmaz, daha ziyade genişletilmiş bir farkındalık durumunu, günlük eylemler için hesap verebilirliği ve bireyler ve topluluklar için daha geniş kapsamlı bir deneyime yönelik potansiyeli tanımlar.

Sürdürülebilir Günlük

Sürdürülebilir günlük, kentsel yaşam bağlamında gelecek senaryoları geliştirmeye yönelik bir yaklaşımdır. Sürdürülebilir bir toplumda günlük yaşamın nasıl olabileceğini dikkate alır ve buna göre yaşam biçimleri ve refah kriterleri hakkında sürdürülebilirlik senaryoları önerir. Sürdürülebilir kalkınma sürecinde önemli olan sürdürülebilirlik kavramının algılanmasında bu tür senaryoların önemli olduğunu öne sürmektedir (Manzini ve Jegue, 2003).

Sürdürülebilirlik İçin Ürün Tasarımı

Biyomimikri

Biyomimikri, doğayı sadece maddi bir kaynaktan ziyade model, ölçü ve akıl hocası olarak görmeye yönelik bir yaklaşımdır. İnsan problemlerini çözmek için doğadan ilham alarak ve gözlemleyerek sürdürülebilir inovasyona ulaşılabileceğini öne sürer (Benyus, 1997).

Sürdürülebilirlik için Tasarım Araştırmaları

Sürdürülebilirlik için Tasarım Keşifleri, modası geçmiş ürünlerden estetik açıdan faydalı nesnelere geçişi, bunların yeniden bağlamsallaştırılması yoluyla elde etmeye yönelik bir yaklaşımdır. Yaklaşım, eski ve yeni, değerli ve değersiz, zanaat ve seri üretim, çeşitlilik ve birlik gibi çeşitli kutupları uzlaştırmayı amaçlar (Marchand ve Walker, 2007).

Droog Tasarımı

1993 yılında kurulan çağdaş bir Hollanda tasarım şirketi olan Droog Tasarım, kaynakların tasarruflu kullanımı, geri dönüşüm ve kasıtlı stil eksikliği üzerine tasarım fikirleri aracılığıyla mevcut maddi kültüre meydan okumaktadır (Ramakers, 2002). Droog Tasarım, Mies van der Rohe'nin 'az daha çoktur' mottosunu bir adım ileriye taşıyor ve 'az ve çok' tasarımlar sunuyor (Ramakers, 2002).

Sonsuza Kadar Senin

Eternally Yours (Sonsuza Kadar Senin), 1995 yılında bir grup Hollandalı endüstriyel tasarımcı tarafından ürünlerin ömrünü uzatmaya yönelik bir yaklaşımla kurulmuştur. Ürünlerin psikolojik ömrüne odaklanır, çünkü ne kadar iyi çalışırlarsa çalışsınlar ürünlerin atılması sorununu vurgulamaktadır.

ISDPS

Entegre Tasarım ve Sürdürülebilirlik için Üretim Ölçekleri (ISDPS), daha fazla yerelleştirme sunarak ve yerel toplu üretim ölçeğinde kullanım sonrası kullanıma olanak sağlayarak yerel ve bölgesel çeşitliliği vurgulayan bir yaklaşımdır.

Tasarımla Sürdürülebilir

Tasarımla Sürdürülebilir, geleneksel tasarım ve üretim araçlarını ve mevcut estetik anlayışını tasarım keşifleri yoluyla eleştiren bir yaklaşımdır. Stuart Walker'ın bu keşifleri, yerel olarak üretilen bileşenler, yeniden kullanılan ve yeniden bağlamlştırılan malzemeler ve nesnelerle seri üretilen parçaların bir kombinasyonu ile tasarlanan gündelik işlevsel nesnelerin tasarımlarıdır (Walker, 2006).

2.3.2. Sürdürülebilirlik için Tasarım Hususları

Mevcut maddi kültür, eskime kavramı üzerinden gelişmiş ve insanlar, tüm tüketim mallarını ve insani değerleri tek kullanımlık olarak değerlendirerek her şeyi atılabilir bir ürün olarak görmeye yönelmişlerdir. Papanek, bu konuyla ilgili olarak iki tasarım görüşü sunar: Nesnenin geçici karakterini yansıtan fiyatı ve nesnenin elden çıkarılması eylemi (Papanek, 1985: 87, 94).

Papanek'in kitabında (1985) yazdığı toplumun tüketim kalıpları ile ilgili olarak, köklerini yeni ve parlak olan ve ürün eskimesine (estetik ve teknik) ve bireysel memnuniyetsizliklere neden olan mevcut sürdürülemez maddi kültür, üretim sürecinde sorgulanmalıdır.

Önceki bölümde açıklanan yaklaşımlar, sürdürülebilirlik için belirli tasarım hususlarını, yani geri dönüşüm, yeniden kullanım, yerelleştirme, kullanım sonrası hizmetler, ürün ömrü vb. sunar. Bu hususların, sürdürülebilir üretim ve tüketim bağlamında ürün tasarımına ulaşmada çok önemli olduğu düşünülmektedir ve sürdürülebilir bir maddi kültür geliştirme sürecindedir. Bu düşünceler şu şekilde özetlenebilir (Walker, Marchand, Doğan, 2009: 485):

- Yerel ölçekte kullanım sonrası hizmetleri (ör. ürün bakımı, onarımı, yükseltmesi) etkinleştirme.
- Daha fazla yerelleştirme sağlamak için tasarım ve üretim ölçekleri arasında entegrasyon.
- Estetik çekicilik ve çeşitlilik, yerel ve bölgesel kaynaklara ve becerilere uyarlanabilir.
- 'Nesnenin ne olduğu' konusunda şeffaflık ve özgünlük- kullanıcının anlamasını ve katılımını sağlar.

Biyomimikri ise kendi çerçevesinde (yani Hayatın İlkeleri) sürdürülebilirlik (yerel olarak uyumlu ve duyarlı olmak, hayatta kalmak için evrimleşmek, değişen koşullara uyum sağlamak) için benzer değerlendirmeleri oluşturmaktadır ve bu tez kapsamında biyomimikri yaklaşımı şu şekildedir: Sürdürülebilirlik bağlamında ürün bakım, onarım ve yükseltme gibi kullanım sonrası hizmetlere yönelik yenilik yapmanın bir yolu olarak görülmektedir.

2.3.3. Çevresel Sürdürülebilirlik ve Biyomimikrinin Çevresel Sürdürülebilirliğe Etkisi

İnsan sorunlarını çözmek için doğadan ilham almak, ilk dönemlerden beri devam eden bir eylemdir. Yapraklardan esinlenerek içlerinde biriken su ile kaseler veya kupalar veya hayvanların pençelerinden ilham alan bıçak ve diğer aletler örnek gösterilebilir. Temel estetik kavramlarımızın temeli, "doğa, tüm insanların ilişkisi kurduğu ve yanıt verdiği tek mihenk taşıdır" şeklinde doğadan gelmektedir (Macnab, 2012: xv).

Biyomimikri, doğanın bilinçli bir öykünmesi eylemidir. Türler, onları değişen koşullara çözümler bulmaya zorlayan farklılaşan ortamlara uyum sağlamak zorundadır. Doğayı geniş bir bilgi kaynağı olarak kabul ederek, canlıların muhtemelen daha önce karşılaşmış ve uyum sağlamış olduğu çeşitli insan sorunlarına çözümler bulmak mümkündür (Benyus, 1997: 3).

Benyus, organizmaların karşılaştığı kaynak kullanımındaki sınırlamalar nedeniyle biyomimikriyi kullanırken yeniliğin ötesinde doğal bir sürdürülebilirlik olduğunu öne sürmektedir (Benyus, 2011: 35). Kaynak kullanımının etkinliği, ilham alınan/taklit edilen ürünlerde de görülmektedir. Bunun dışında doğayı gözlemlemek ve sistemlerinden öğrenmek mantıklı olarak kabul edilir, çünkü doğa sürdürülebilir kalkınma konusunda tam bir ustalığa sahip bir endüstri örneğidir (Ternaux, 2011).

Unruh, biyomimikriden “endüstriyel ekoloji yaklaşımının daha sofistike bir uzantısı” ve yaşam döngüsü değerlendirmesine dayalı yaklaşımların gelişmiş bir versiyonu olarak bahsetmektedir (Unruh, 2010: xiii). Aynı konuda, Reap (2009), “biyomimikrinin, kullanım şeklinin, hammadde, enerji, atık vb. konularda indirgemecilik sunduğunu” öne sürmekte ve belirli sorunları çözmek için bir araç olarak biyomimikrinin kullanımının tasarımın kavramsal ve somutlaştırma aşamalarına daraltılmasını eleştirmektedir. Bunu yaparak, biyomimikrinin çevresel sürdürülebilirlik alanındaki uygulanabilirliğinin de sınırlı olduğunu öne sürmektedir. Böylece biyomimikri yaklaşımıyla tüm sistemleri yeniden tasarlamada daha bütünsel bir yaklaşım sunmaktadır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Amacı

Çalışma kapsamında biyomimikri mimarı tasarımlarının varlığı literatürden elde edilen bulgularla değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmeler ışığında mimarı alanda var olan biyomimikri tasarımlarının incelenerek özelliklerinin sınıflandırılması sonraki yapılacak olan çalışmalara nitel bağlamda katkı sağlayacaktır. Buradan hareketle geniş bir alana yayılmış olan mimarinin biyomimikri mimarı alanında Türkiye'deki ve Dünyadaki modern mimari örneklerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

3.2. Araştırma Sürecinin Belirlenmesi

Çalışmanın amacı doğrultusunda öncelikle çalışmada yer alan temel kavramların incelenmesi söz konusudur. Araştırmanın birinci basamak yöntemi olan literatür taramasından elden edilen bulgular ile araştırmanın alanına ilişkin bulguların tespit edilerek incelenmesi araştırmanın ikinci basamağını oluşturmaktadır. Çalışmanın sonucunda literatürden ve alandan elde edilen bulgular dünyada ve Türkiye'deki örnekler üzerinden biyomimikri mimarı alanında değerlendirilerek incelenmektedir.

3.3. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmanın belirlenmiş olan amacı doğrultusunda öncelikle biyomimikri kavramının modernizm içerisindeki karşılığının anlaşılması için literatür taramaları gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak biyomimikri mimarinin ilişkili olduğu kavramlar da göz önünde bulundurularak literatür taramasından yararlanılarak nitel bir yolla çalışmanın kavramsal çerçevesi oluşturulmuştur. Çalışmanın örnekleme ilişkin bulgular ise biyomimikri mimari özelliklerinden yola çıkılarak Türkiye'deki ve Dünyadaki modern mimari örneklerinde tespit edilmesiyle elde edilmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Dünyadaki Modern Mimari Örneklerinde Biyomimikri Bulguları

Çalışmanın amacına uygun şekilde dünyada yer alan modern mimari örneklerinde biyomimikri bulgularının tespiti gerçekleştirilmektedir.

Prudential (Guaranty) Building

Eskiden Prudential Building olarak adlandırılan Guaranty Binası, Buffalo, New York'ta erken dönemde yapılmış olan bir gökdelendir. Louis Sullivan ve Dankmar Adler tarafından tasarlanan yapı 1896'da tamamlanmıştır.

Bina, Buffalonialı bir iş adamı ve girişimci Hascal T. Taylor tarafından yaptırılmıştır. Taylor'ın seçtiği site, o zamanki İlçe ve Şehir Belediye binasının bitişiğinde ve bir dizi kurumsal yapının yakınında stratejik bir konuma sahipti. Amaç, yakınlık, arzu edilen olanaklar ve Sullivan gibi avangart bir mimarın büyüleyici tasarımı aracılığıyla avukatlar gibi yüksek kaliteli kiracıları çekmekti. Guaranty İnşaat Şirketi onu inşa etmek için sözleşme imzalanmıştır. Bay Taylor'ın proje doruk noktasına ulaşırken zamansız ölümü, Guaranty'nin projeyi tek başına üstlenmesiyle sonuçlanmıştır.



Şekil 4.1. Guaranty binası

Kaynak: URL-25

Sullivan'ın bina tasarımı, “formun işlevi takip ettiği” görüşüne dayanmaktadır. Sullivan ve Adler binayı dört alana ayırmışlardır. Bodrum, mekanik ve kullanım alanıydı; bu kat yerin altında olduğu için binanın cephesinde görünmüyordu. Bir sonraki bölge, caddeye bakan dükkanlar, halka açık girişler ve lobiler için ortak alanlar olan zemin kat bölgesiydi. Üçüncü bölge, merkezi asansör boşlukları etrafında kümelenmiş özdeş ofis hücrelerine sahip ofis katlarıydı. Son bölge, asansör ekipmanı, yardımcı hizmetler ve birkaç ofisten oluşan sonlandırma bölgesiydi (Roth, 1993). Binanın destekleyici çelik yapısı pişmiş toprak bloklarla süslenmiştir. Farklı blok stilleri, binanın üç görünür bölgesini tanımlamaktadır.

Guaranty esasen dikdörtgen bir katı üzerine yığılmış U şeklinde bir plandır. “U”nun kanatları arasındaki ara boşluklar, aşağıda yer alan lobiye çatı pencerelerini tanıtmak ve tavanları vitray ile kaplamak için fırsatlar yaratmıştır. Plan, dört asansör, bir posta yuvası ve merdiven ile tek bir dikey sirkülasyon çekirdeği içermektedir. Yangın merdiveni gerekli bulunmamıştır. “U”nun iç kısmı, binanın iç girintileri için ışık toplamak amacıyla güneye bakmaktadır. Bunun temel sebebi de Guaranty'nin hitap etmesi istenen kesimin ilgisini çekmesidir. Dolayısıyla Sullivan, bu amaca ulaşmak için hiçbir şeyden kaçınmamıştır: *“İçerideki ışık miktarını artırmak için, merdiven boşluğu ve iç avluya bakan ışık yarığı, normal karolardan daha pahalı olan beyaz sırlı pişmiş toprakla kaplandı”*(Frei ve Sullivan, 1992).

Birinci ve ikinci katlar, ek merdivenler ve perakende işgali amacı ile hem mekânsal hem de görsel olarak birleştirilmiştir. Asansörler, kazanlar ve elektrik “dinamoları” için motorlar da dahil olmak üzere mekanik sistemler bodrum katına indirilmiştir. Hem Kilise hem de İnci Sokaklarında girişler sağlanmıştır. Bir konsiyerj masası, posta teslimi de dahil olmak üzere kiracılara ve misafirlere hizmetler sunulmuştur. Binanın “tabanı”nın üzerine, aynı plana sahip bir dizi ofis katı yerleştirilmiştir. Bu katlar, yeniden yapılandırılabilir ofis alanlarında özel tuvaletlere sahiptir. Salonlar, iç mekâna aydınlık ve “kulüp” benzeri bir his vermek amacıyla ahşap ve cam bölme duvarlarla kaplanmıştır. Asansörler ve merdivenler duvarlarla değil, güney ışığının dolaşım sistemlerinden ve koridorlardan geçmesine izin veren metal kafeslerle çevrelenmiştir.

Guaranty'nin planına bakıldığında herhangi bir biyomimikri unsurunun olmadığı ya da biyomimikri amacının taşınmadığı görülmektedir. Buna karşılık biyomimikri düzeyleri arasında yer alan organizma düzeyi ile ilişkili olan görünümü biyomimikri ile ilişkilendirilebilecek özelliğidir.

Guaranty'nin en belirgin özelliklerinden biridir: "Bu binanın tüm cephesi, eski Mısır'daki tapınakların sütun ve duvarlarındaki hiyeroglifler gibi süslemelerle kaplıdır." Sullivan'ın süsü kesinlikle orijinaldir, ancak İngiliz Sanat ve El Sanatları hareketinin çağdaş geleneğinde emsalsiz değildir. "Sullivan'ın süslemesi ile Furness'in mimari dekorasyonu arasındaki sayısız paralellik, Sullivan'ın süslemesinin doğrudan Furness'ten ve onun aracılığıyla İngiliz mimarların daha önceki süslemelerinden geldiğini açıkça ortaya koymaktadır" (Sprague, 1979). Görüldüğü gibi, kiracıların binalarına çekilmesi için göze çarpan bir kolaylık olarak süslemesinin bağlamı önemlidir. Süslemesinin 19. yüzyılın kiracısına yansıtılabileceği tüm "iyi zevk" için, tasarımını 20. yüzyılda "iyi zevk" dışında bir anti-klasisist kategorizasyon içine yerleştirilmiştir.



Şekil 4.2. Guaranty'nin süslemeleri

Kaynak: URL-26

Guaranty, tektoniğin tüm çağrıştırmacı genel ifadesine rağmen, modüler pişmiş toprak bileşenleri ölçeğinde eşit derecede çağrıştırmacıdır. "Burada bireyler ve ait oldukları grup arasındaki çıkar dengesi belirsizdir ve kompozisyon öğelerinin çokluğu bireysel olarak ilgilenmeyi zorlaştırmaktadır" (Andrew, 1985). Bu kadar çok desenin ve tekrarlayan tasarımın deneyimsel etkisi, tek tek bileşenlerin ifadesi ile gerilim içindeki homojenliktir.

Guaranty binasının süslemelerinin tasarımcıları binanın tasarımcıları olan Sullivan ve Adler tarafından gerçekleştirilmiştir. Her iki mimarın natüralist süslere ilişkin çalışmalarının olduğu belirtilmektedir. Yapmış oldukları çalışmalardan yola çıkarak Guaranty'nin dış cephesindeki süslemeleri gerçekleştirmişlerdir. Bu süslemelerin biyomimikri ile olan ilişkisi ise desenlerden anlaşılacağı üzere doğadan alınan ilhamla gerçekleştirilmiş olmasıdır.

Guaranty binasının çatı ile cephenin tam birleştiği noktada yer alan süslerin esin kaynağı ağaçların yapraklar olmadan dallarının görünümünü yansıtmaktadır.

Binanın cephesinde yer alan süslere bakıldığında ise çiçek tohumlarından esinlenilmiş olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.3. Ağaç çiçek tohumları ve the puridential building

Kaynak: (İleritürk, 2016)

Esplanade Tiyatrosu

Enformasyon, İletişim ve Sanat Bakanlığı'nın talebi üzerine inşa edilen tiyatro kompleksi, ikonik sanat ve kültür mekanlarıyla Singapur'u 2002 yılında Asya'nın kültür başkenti yapmayı hedefi ile inşa edilmiştir. Konsept tasarımı Londra'dan Michael Wilford ve Partners'a aittir. Ayrıca Singapur'dan DP Architects, Vikas Gore ve Pietro Stallon ile işbirliği yapılmıştır. Bina, yerel ve Dragonfly uluslararası müzikal gösteri sanatlarının merkezinin bulunduğu bir konser salonu olarak hizmet vermektedir. Ayrıca dört tiyatro, açık hava tiyatrosu, görsel sanat sergi galerileri, kafeler, restoranlar ve dükkanlar içermektedir. Ana performans salonlarını örten iki ana kubbe, manzaraya hakimdir. Bu kabuklar, düzleştirilmiş ve yükseltilmiş olarak yön değiştirerek yönlendirmeye uyacak şekilde kavisli uzay çerçeve hafif yapılar olarak tasarlanmış 7,000 üçgen şampanya renkli alüminyum cephe panellerinden oluşmaktadır. Güneşlikler, güneş kırıcı elemanları ile panoramik şehir manzarası arasında bir manzara sunmaktadır.



Şekil 4.4. Körfezdeki Esplanade-Tiyatroları

Kaynak: URL-24

DP Architects'in proje direktörü Vikas M. Gore, Esplanade için biyomimikri ilhamı olarak, yapısal geometrilerden ve ayçiçeği, balık pulu, kuş tüyü deseni gibi doğanın unsurlarından ilham aldıklarını belirtmiştir (Asya Binaları ve İnşaat, 2001). Ana biyolojik ilham, Singapur'da meyve kralı olarak bilinen durian adlı dikenli tropik meyveden gelmektedir. Durian bitkisi, yarı sert kabuğu ve yaydığı rahatsız edici kokusu ile içindeki tohumu tehlikeye karşı korumaktadır. Bu kötü koku nedeniyle tiyatro muazzam bir etki yaratmış ve Singapurlular arasında bir mizah nesnesi haline gelmiştir.



Şekil 4.5. Durian Meyvesi. Singapur'daki Esplanade Binasının Cephesi

Kaynak: URL-27

Yarı sert kabuk, içindeki yumuşacık tohumu kaplar ve korur. Meyvenin çekirdek ve kabuğu arasındaki bu ayrım, Esplanade'nin çok katmanlı cepheden ayrılan iç kütlelerin yerleşimine benzemektedir. Diken tabanının altıgen geometrisi, Esplanade'nin cephe paneli için ilham kaynağı olarak alınmış olabilir. Ayrıca, tüm dikenlerin kabuk üzerinde bir araya gelme şekli, kabuğun organik formunun sertliğini

korumaktadır. Ayrıca güneş yolu şemasını ayçiçekleri gibi takip etmek, kuş tüyleri gibi değişen paneller doğadan alınan diğer ilhamlar arasında yerini almaktadır.



(a)



(b)

Şekil 4.6. (a) Durian meyvesinin dikenli geometrileri. (b) Esplanade'nin içi.

Kaynak: URL-28

Durian'ın kabuğundan elde edilen geometriler, modüler panellerin yapısal yerleşimine ve bunların altıgen ve üçgen şekillerine göre cephe panel sistemlerine etkili hareket kabiliyeti kazandırmak için ilham vermektedir. Cephe panelleri açıkken dikenli görünüm durian'ın kabuğu gibi görünmektedir. Dış üçgen panjurların değişen pozisyonları ve formları, şehir silüetini alan durian esintili mimari tarzıyla dikkat çekmektedir.

Dış muhafaza iki katmandan oluşmaktadır; bunlar cam ve en dışta alüminyum güneşliklerle kaplı ilk kavisli çelik uzay çerçevesi şeklindedir. Uzay çerçeveleri ile desteklenen örtücü üçgen saclar, ışığa ve açıya bağlı olarak çoklu yansımalar oluşturmaktadır. Geometri bu tasarımda hayati bir rol oynamaktadır. Kubbelerin serbest şekilli organik formu non-uniformed beta splines (NURBS) ile oluşturulmuş, serbest formların matematiksel açıklaması ve kontrol noktaları ile parametrelerle kontrol edilmiştir (Klimke, Sanches, Vasiliu, Stühler ve Kaspar, 2002).

Esplanade Tiyatrosu'nun insan ve doğa arasındaki dengeyi koruyarak kültürel, çağdaş ve zamansız Asya işaretleri taşıdığı söylenebilir. Yerel iklim koşulları ve kültürel çevre açısından değerlendirildiğinde, şehrin bağlamını tanımlayan ve sembolizmden kaçınan Singapurlu bir taklitçilik gibi görünmektedir.

Gün boyunca düşük güçlü HVAC gerekir. Soğutulmuş hava sıcaklığı, güneş ışığının iç mekânı ısıtmasını önleyen duyarlı cephe panellerinin yardımıyla sürdürülüyor. Ayrıca kırılan güneş ışığı, iç konfor için istenen doğal aydınlatmayı sağlamaktadır.

Panellerin bu katlanabilir özelliği, kapalıyken kuvvetli rüzgârdan kaynaklanan hasar olasılığını büyük ölçüde azaltmaktadır. Tasarımcılar, bir ağın katlanır yapısal geometrisini uyguladıklarını, kubbenin üzerine yerleştirilen üçgen güneşliklerin nihai tasarıma dönüştüğünü, dikkate alınan en umut verici seçenekler olduğunu kabul etmişlerdir.

Kafes konumlarını gölgelendirmek için güneş yolunu takip ederken içeriye giren ışık miktarının kontrol edilmesi, binanın enerji tüketiminin kontrol edilmesine yardımcı olmaktadır. Akşamları ayarlanabilir paneller, güneş ışığının gizlice içeri girmesine izin verirken, gündüz güneş ışığı, sollamayı önlemek için aynı paneller tarafından engellemektedir. Güneşlik panelleri kademeli olarak şekil ve yön olarak dönüşmekte ve bu değişen dağılım içeriden net bir görüş sağlayarak içeriye güneşten korumaktadır.

Tam HVAC kullanılan binalara kıyasla enerji kullanımı azalır. Çok sayıda cam kullanımına rağmen Esplanade, binalarda enerji tasarrufu için yerel yasal gereklilik olan 45W/m^2 'den fazla olmayan genel termal transfer değerini karşılanmıştır. Bu, sabit alüminyum paneller ve çift camlı lamine cam kombinasyonundan oluşan duyarlı bir cephe sisteminin kullanılmasıyla sağlanmıştır.

Esplanade tiyatro binaları hakkında biyomimikrinin hangi seviyelerinin kullanılmış olduğuna bakıldığında görünüm açısından organizma düzeyinin var olduğu görülmektedir. Buna ek olarak kısmen de olsa enerji tasarrufunun yapılan cephelerle sağlanabildiği özelliği ile ekosistem seviyesini de karşıladığı ifade edilebilir.

Gherkin Tower

30 St Mary Axe önceden Swiss Re Building olarak bilinirken gayri resmi olarak Gherkin olarak bilinmektedir. Gherkin, Londra'nın başlıca finans bölgesi olan

City of London’da bulunan ticari bir gökdelendir. Aralık 2003’te tamamlanmış ve Nisan 2004’te açılmıştır. 41 katlı, 180 metre (591 ft) yüksekliğindedir ve 1992’de Geçici IRA tarafından yerleştirilen bir cihaz tarafından Baltık Borsası bombalamasında büyük ölçüde hasar gören eski Baltık Borsası ve Deniz Ticaret Odası’nın sitelerinde yer almaktadır (Worsley, 2007).



Şekil 4.7. Gherkin binası

Kaynak: URL-29

Gherkin, Skanska tarafından inşa edilmiş, Aralık 2003’te tamamlanmış ve 28 Nisan 2004’te açılmıştır. Binanın birincil sakini, binayı Birleşik Krallık’taki operasyonu için merkez ofisi olarak görevlendiren küresel bir reasürans şirketi olan Swiss Re’dir. Kule bu nedenle bazen Swiss Re Building olarak bilinir, ancak bu isim hiçbir zaman resmi olmamıştır ve şirketin ana merkezi Zürih’te olduğundan ve Gherkin adı daha popüler hale geldiğinden genel olarak binanın ismi Gherkin olarak bilinmektedir (Spring, 2008).

Bina, benzer bir kulenin tipik olarak tüketeceği gücün yalnızca yarısını kullanmasına izin veren enerji tasarrufu yöntemlerini kullanmaktadır. Her kattaki boşluklar, tüm bina için doğal bir havalandırma sistemi olarak hizmet veren altı kuyu oluşturur, her altıncı katta gerekli olan yangın söndürücüler “bacayı” kesintiye uğratsa

da şaftlar dev bir çift cam etkisi yaratır; hava iki kat cam arasına sıkıştırılır ve içerideki ofis alanını yalıtılmaktadır.

Binadaki şaftlar yazın binadan sıcak havayı çeker ve kışın binayı pasif güneş enerjisiyle ısıtır. Kuyular ayrıca güneş ışığının binadan geçmesine izin vererek çalışma ortamını daha keyifli hale getirir ve aydınlatma maliyetlerini düşürmektedir.

Rüzgarla uyarılan salınımları kontrol etmenin birincil yöntemleri, rijitliği arttırmak veya ayarlanmış/aktif kütle damperleri ile sönümü arttırmaktır. Arup'un tasarımına göre, tamamen üçgenleştirilmiş çevre yapısı, binayı herhangi bir ekstra takviye olmaksızın yeterince sağlam hale getirmektedir. Genel olarak kavisli cam şekline rağmen, binada sadece bir parça kavisli cam vardır bu da tepedeki lens şeklindeki kapaktır.



Şekil 4.8. Gherkin binasının çatısı

Kaynak: URL-30

Tasarım ilhamı, dış iskeleti su altında bir cam kafes gibi parlayan özel bir sünger olan Venus çiçek sepeti süngerinden gelmektedir. Binanın yapısı kafes şeklinde düzenlenmiş bir dış iskelet olarak tasarlanmış ve sarmal şekli ile ortaya çıkmıştır. Kafesi oluşturan sarmal yapılar nedeniyle, muhafaza için elmas şekilli panelizasyon elde edilmiştir. Binanın doğal havalandırma sistemine sahip olması ve deniz süngerlerinin ve anemonların havalandırma için gövdelerindeki delikleri açıp kapatan nefes alma performansları, elmas şeklindeki camlarla elde edilen pasif havalandırma sistemi için referans olarak kullanılmıştır.



(a)

(b)

Şekil 4.9. (a)The Gherkin, (b) Venus çiçek sepeti süngeri

Kaynak: URL-29

Biyolojik transferin her iki aşamasında da probleme dayalı analogik yaklaşımlar yürütülmüş olduğu dikkat çekmektedir. Buna göre biyomimikri seviyelerine bakıldığında üç seviyenin de bulunduğu söylenebilir. Yapının görünümüne bakıldığında Venüs çiçek sepeti süngeri ile biçimsel benzerlikleri organizma seviyeyi işaret etmektedir. Yapının havalandırma sistemine ilişkin özelliğinin benzerliği de aynı şekilde Venüs çiçeği sepeti süngerinin fonksiyonlarından alınan ilhamla gerçekleştirilmiştir. Bu açıdan biyomimikri davranış seviyesi de görülmektedir. Son olarak yapının havalandırmasına yönelik fonksiyonundan yola çıkıldığında ekosistem seviyesiyle de ilişkili olduğu ifade edilebilmektedir.

Münih Olimpiyat Stadı

Münih'in kuzeyindeki Olympiapark München'in kalbinde yer alan stadyum, 1972 Yaz Olimpiyatları'nın ana mekânı olarak inşa edilmiştir.

Alman mimar Günther Behnisch ve mühendis Frei Otto tarafından John Argyris'in yardımıyla tasarlanan Olympiastadion'un hafif çadır yapısı, zamanı için devrim niteliğinde kabul edilmiştir. Bunun sebebi ilk kez büyük ölçekte kullanılan çelik kablolarla stabilize edilmiş geniş, geniş akrilik cam kanopileri içermesidir. Fikir, Alpleri taklit etmek ve Nazi rejimi sırasında Berlin'de düzenlenen 1936 Yaz Olimpiyatları'na bir muadili oluşturması ile ortaya çıkmıştır.

Doğadan ilham alınarak geliştirilen bir diğer taşıyıcı çerçeve ise örümcek ağı modeliyle inşa edilen Münih Olimpiyat Stadı'dır. Örümcekler çalılardan üzerine konulan bir örtü gibi görünür, yayma ağı çalılardan kenarlarına asılan zimbalarla taşınır. Bu taşıyıcı çerçeve, örümceğin, dayanıklılıktan vazgeçmeden geniş bir yelpazede ağını oluşturmasını sağlar.



Şekil 4.10. Münih Olimpiyat Stadı ve örümcek ağı

Kaynak: URL-31

Münih Olimpiyat Stadı'nın tasarımında dikkat çeken özelliklerden en önemlisi yukarıdaki şekilde de görülebilecek olan stadın üstün kaplayan çadırlardır. Bu çadırların ilham tasarlanmasında stadın mimarı olan Otto'un formlar ve strükler arasındaki bağlantı üzerine yapmasıdır. Otto oluşturmayı planladığı ve daha sonra hayata geçirdiği çadırlarda en az malzemeden yararlanarak bir yapı tasarısına gitmiştir. Burada esin kaynağı ise örümcek ağları olmuştur. yaptığı incelemeler neticesinde örümcek ağları ile çadırlar arasında benzerlikler yakalamıştır. Stadın çadırlarında ise her ne kadar birçok çadır modeli tasarlamış olsa da tül modelinin kullanıldığı görülmektedir. bu modelin ilham kaynağı olarak da Alp dağlarının görüntüsü olduğu ifade edilmektedir (Otto, 1996: 74).

Mimaride henüz eğriliklerin hız kazanmadığı hatta başlangıcının Otto'ya ait olduğu söylenebilecek olan Münih Olimpiyat Stadının çadırlarının örümcek ağının strüktürel dayanımı ilham alınarak germe çelik sistemi üzerine akrilik cam kaplamadan oluşan strüktürden yola çıkılarak tasarlandığı söylenebilir.



Şekil 4.11. Münih Olimpiyat Stadyumu

Kaynak: URL-31

Münih Olimpiyat Stadyumu biyomimikri düzeyleri arasında organizma seviyesinde olduğu görülmektedir. Alp dağlarının ve Örümcek ağlarının biçimlerinden yola çıkılarak estetik anlamda bir mimari tasarımı örneği oluşturmaktadır. Bununla birlikte en az malze ile çadırların inşa edilmesi noktasında da örümceklerin ağlarını yapılarından ilham alınarak davranış seviyesi özellikleri yansıttığı da söylenebilir.

Eden Projesi

Eden Projesi, Grimshaw Architects ve Michael Pawlyn tarafından tasarlanan yenilikçi bir sera projesidir. Proje yeri Cornwall, İngiltere'dir; toplam proje alanı 23.000 m2 olup, inşaat 2001 yılında tamamlanmıştır. Tasarım, patikalar ve podyumlar ile ziyarete açık 1000'den fazla bitki türünü barındıran biyom adı verilen kubbe şeklindeki muhafazalardan oluşmaktadır. Kabarcıklar şeklinde birbirine bağlı kısmi jeodezik kubbeler üzerinde oturan hafif yapı birbirine dev çelik kirişler ile bağlanır ve küresel kesitli şeffaf plastik ETFE (etilentetrafloroetilen) kabarcık panellerle kaplanmış, birbirine bağlı daha küçük ve daha hafif altıgen yapılarla inşa edilmiştir.



Şekil 4.12. Eden Proje (a) dışarıdan görünüm, (b) içeriden görünüm

Kaynak: URL-5

Eden Projesi'nin tasarımı farklı analogik kategorilere ait birden fazla biyolojik referans kullanılmaktadır. İlk tasarım fikri, farklı iklimlerden çok sayıda bitkinin toplanabileceği ve birlikte yaşayabileceği bir sera yaratmaktır. Kabarcık yapıları, kendi kendine ayakta durabilen geniş açıklıklı muhafazaları kapsayacak şekilde kullanılmıştır. Muhafazayı iklimlendirmek için, biyolojik analogu Dragonfly Wings'de olduğu gibi hafifliği ve güneş ışığına izin vermesi nedeniyle kaplama için ETFE paneller kullanılmıştır. Kabarcıklar ve yusuçuk kanatları problem odaklı bir yaklaşımla elde edilmiş olsa da orman ekosistemi bir tasarım başlatıcısı olarak kullanıldığından, tüm iklimler için ormanın oluşturulması çözüme dayalı bir yaklaşım olarak düşünülebilir.

Eden Proje, biyofilik tasarımın biyomimetik tasarımla buluştuğu güzel bir örnek olarak değerlendirilmektedir. Kullanıcıların patikalarda ve podyumlarda yürüyüş yaparak doğal yağmur ormanı etkisini deneyimlemelerini sağlarken, hafif yapısı ve enerji verimli sürdürülebilir çözümleri doğanın metaforik yansımasıdır.

Kubbe, toprağın zayıf yük taşıma kapasitesine karşı iki katmandan oluşur; dış cephe katmanı altıgen çerçeveye, iç katman ise üçgen ve altıgen ızgaraya yaslanmaktadır. Karbondioksit salınımı kadar %80 oranında azaltılarak bina karbon nötr hale gelecek şekilde tasarlanmıştır (Pawlyn, 2019).

Eden projesi biyomimikrinin her seviyesini doğrudan yansıtan bir özellik taşımaktadır. Görüntü itibarı ile sabun köpüğünden ilham alındığı görülebilmektedir. Bununla beraber biyomimikri yaklaşımları arasında yer alan çözüm bulma odaklı tasarımı ekolojik seviyenin doğrudan görülebilmesi açısından Eden projesi oldukça önemli bir biyomimikri mimari olarak değerlendirilmektedir.

Milwaukee Sanat Müzesi

1872'den başlayarak, Milwaukee'ye bir sanat galerisi getirmek için çok sayıda organizasyon kurulmuştur. Çünkü şehir hala büyük sanat sergileri düzenlemek için çok az veya hiç tesisi olmayan büyüyen bir liman kasabası konumundaydı. En az dokuz yıl boyunca, büyük bir sanat galerisi inşa etme girişimleri başarısız olmuştur. O yıldan kısa bir süre sonra, Alexander Mitchell tüm koleksiyonunu Milwaukee'nin şehir tarihindeki ilk kalıcı sanat galerisini inşa edilmesi için bağışlamıştır (Leavitt, 1996).

1888’de Milwaukee Sanat Derneği, bir grup Alman panorama sanatçısı ve yerel iş adamı tarafından kuruldu. Aynı yıl, İngiltere doğumlu iş adamı Frederick Layton, şimdi yıkılmış olan Layton Sanat Galerisi’ni inşa etmiş ve sanat eserlerini sağlamıştır. 1911’de, diğer sergileri ve koleksiyonları düzenlemek için inşa edilen bir başka bina olan Milwaukee Sanat Enstitüsü, Layton Sanat Galerisi’nin bitişiğinde tamamlanmıştır.

Müze birçok yapıdan meydana gelmektedir. biyomimikri özelliğini taşıyan binaları ise Kahler ve Calatrava binalarıdır.

1994 yılında mimar, sanatçı ve mühendis Santiago Calatrava , Amerika Birleşik Devletleri’ndeki ilk inşaatı olan Milwaukee Sanat Müzesi’ne bir ek tasarlamak için seçilmiştir. Quadracci Pavillionu genellikle “Calatrava” olarak anılmaktadır. Quadracci Pavilion, Ekim 2001’de açıldı ve en son teknolojiyi Milwaukee’nin güçlü zanaat geleneğiyle birleştirmiştir.

Calatrava, şehir merkezinin ana caddesi olan Wisconsin Avenue ile aks üzerinde köşk tipi bir yapı önermiştir. Bağımsız bir varlık olarak tasarlanan pavilion hem geometri hem de malzeme olarak mevcut setle tezat oluşturmaktadır. Ayrıca yapının beyaz bir çelik formu ve bir gemiyi andıran bir görünümü bulunmaktadır.



Şekil 4.13. Milwaukee Sanat Müzesinin Kahler ve Calatrava binaları

Kaynak: URL-33

Müzenin genişletilmesi, bağışçıların cömertliği ve Betty ve Harry Quadracci tarafından sağlanan önemli fonlarla mümkün olmuştur. Kanatlar, yay ve kanopi süpürme elemanları şeklindeki ikonik güneş koruyucusu ile bina, mühendislik ve mimari vizyonun dikkate değer bir başarısıdır. Betonarme tasarım, Calatrava’nın diğer yapı mühendisleri ve proje ekibi üyeleriyle iş birliği içinde, bir hareket ve değişim duygusunu betimleyen bir vitrin projesi fikri olarak görülmektedir.

Müzenin sahip olduğu Calatrava’nın biyomimikri ile olan ilişkisi biyomimikri seviyelerinden organizma seviyesi ve davranış seviyesi içerisinde değerlendirilmektedir.

Biçim açısından kuşların kanatlarından ilham alınarak yapılan binanın dış cephe görüntüsü organizma seviyesi özelliğini işaret etmektedir. Bu cephelerin kapanır açılır olması yani hareketlilik göstermesi ise kuşların kanatlarını kullanma eylemleri ile yani fonksiyonlarıyla ilişkili olup Quadracci Pavillionu'nun davranış seviyesindeki özelliğini göstermektedir.

Kaktüs Gökdelen Projesi/ Katar

Kaktüs Gökdelen binası Aşırı sıcak havası ve yoğun çöl güneşi ile bilinen Doha'da belediye işleri bakanlığı için tasarlanmış bir ofis binasıdır. Bina, Aesthetics Architects Go Group olarak bilinen bir mimarlık firması tarafından tasarlanmıştır. Çöl ortamından dolayı tüm bina formu ve işlevi, çöle özgü bir bitki olan kaktüsten esinlenmiştir. Tasarımın ana amacı, yüksek enerji verimliliğine sahip bir bina yaratmak olmuştur.



Şekil 4.14. Katar'da yapılan kaktüs gökdelen projesi

Kaynak: URL-23

Bina gölgeleme sisteminin tasarımında içinde bulunduğu kurak havalarda su kaybetmemek için kaktüsün kendisini gölgeleme yeteneğinden esinlenilmiştir. Nem kaybını önlemek için kaktüs tekniklerinden biri, dikenlerini veya diken benzeri yapılarını kullanarak havayı yüzey derisine yakın tutmaktır. Ayrıca kaktüsün teknikleri ile yüzeyi serin tutulması ve güneşten gölge sağlanması gerçekleşir.

Bina yukarıdan aşağıya kaktüsün dikenlerini taklit eden ve bina yüzeyini gölgeleme işlevini yerine getiren gölgelerle kaplanmıştır. Güneşin yoğunluğuna göre gölgeleme cihazları gündüzleri açılıp kapanır. Bu özelliği güneş yoğunluğuna göre

oluşan kaktüs terlemesinin bir yorumudur. Ayrıca bu binadaki bir diğer özellik de kirli suyu temizlemek için farklı ekolojik sistemlerin kullanılmasıdır. Her ekolojik sistem, beslediği besinlere ve sudan gelişmek için neye ihtiyacı olduğuna göre sudaki kirleticileri parçalar. Bu ekolojik sistemler, “Kirleticileri parçalayarak ve sindirerek gelişen yararlı bakteriler, mantarlar, bitkiler, salyangozlar, istiridyeler ve balıkların kullanımına” bağlıdır.

Kaktüs gökdeleninin biyomimikri ile olan ilişkisine bakıldığında doğrudan ekolojik seviyede değerlendirilebileceği görülmektedir. Bununla beraber diğer seviyelerden ilki olan organizma seviyesinin biçimsel özelliklerini yansıttığı ve kaktüslerin fonksiyonlarının gökdelen uygulaması ile davranış seviyesini de işaret ettiği açıkça görülebilmektedir.

Sainte Marie De La Tourette

Sainte Marie de La Tourette, mimar Le Corbusier tarafından tasarlanan Fransa'nın Lyon yakınlarındaki bir yamaçta bulunan bir Dominik Tarikatı manastırır. Binanın tasarımına Mayıs 1953'te başlanmış ve 1961'de tamamlanmıştır. Binanın yapılmasına karar veren komite, manastırın birincil görevinin, halkın ve özellikle yakın çevre sakinlerinin ruhsal uyanışı olması gerektiğini yönünde olmuştur. Sonuç olarak manastır, Lyon'a sadece 25 km uzaklıktaki ve tren veya araba ile ulaşılabilen Eveux-sur-Arbresle'de inşa edilmiştir.

Sainte Marie De La Tourette Projesinde doğanın geliştirilmesinde spontan bitki örtüsü önem arz etmektedir. Le Corbusier'in (1960) La Tourette Manastırı ve Atelier 5'in (1961) Siedlung Halen Konutları, zengin biyolojik çeşitliliğe sahip yeşil çatılar oluşturmak için araçlar olarak kendiliğinden bitki örtüsüne ve kendi kendine kolonileşmeye dayanmaktaydı. Bu, kentleşmenin bir sonucu olarak yerli türlerin ve peyzaj tüketiminin yer değiştirmesi için 'ekolojik doğruluk' ile yakından bağlantılı bir projenin tasarlandığı söylenebilir.



Şekil 4.15.Sainte Marie De La Tourette

Kaynak: URL-22

Manastır, kapalı bir iç mekân oluşturan dört çevre ağır dikdörtgen yapıdan oluşmaktadır. Kompakt ve tepenin kenarına oturan bir hacim kilise ve kilise kurbanını barındırırken, oluşturulan diğer üç kanat, birçok farklı şekildeki pilotlarla yükseltilmiş ve yaşam alanlarını ve manastırın diğer tüm fonksiyonlarını barındırmaktadır.

Manastır, çırak ve öğretmenler için yüz yatak odası, etüt odaları, bir iş yeri ve bir eğlence odası, yemek odası, kütüphane ve kilise olarak tasarlanmıştır. En alt seviyede, rampa işlevi gören ve kiliseye giden haç şeklindeki tapınağın yemek odası ve peristil bulunmaktadır. Çalışma, çalışma, eğlence ve kütüphane salonları üst katta, geniş hücreleri ise en üst katta yer alıyor. Manastırı çevreleyen dört kanat arasında bir kapalı alan yaratılmıştır.

Dört kanat arasındaki açık alan tipik bir veranda değildir. Birbirine bağlanan iki dikey koridorla dörde bölünmüştür. Oluşturulan dört parçanın her birinde farklı geometri formları bulunur: içteki silindir, sarmal bir merdiven, prizmatik bir çatı, dörtgen bir piramit ve kilisenin duvarındaki paralel yüzölçümlü bir çıkıntının çatısında bir dizi çokgen açıklıktır.

Binanın yapısal formu, Iannis Xenakis tarafından tasarlanan dört dış yüzün üçünde yer alan dalgalı cam yüzeylere sahip betonarmedir. Doğal manzaradan, doğal ışık görünümünden ziyade ikonografik bir temsilin olmadığı kutsal alanın iç kısmına doğru kademeli yol, aynı zamanda görsel fenomenin “dışarıdan” “içeri”ye sürekli olarak kaldırılmasıdır. Peyzajın karmaşıklığı basit geometrik şekillere ve sonunda nihai ışığa indirgenir. Işık, içinde özgürce hareket ettiğinden, ziyaretçiyi de aynı şeyi yapmaya cezbederken, mekânı deneyimlemenin bir yoludur. Geniş kamusal alanlara ve uzun koridorlara giren ışık miktarını kontrol etmek için dikey, dalgalı cam levhalar kullanılmıştır.

Manastır biyomimikri unsurlarından doğrudan bir canlıdan ya da canlı sisteminden ilham alınarak oluşturulmamıştır. Doğanın içinde yer alan canlıların geometrik unsurlarından yararlanılarak doğa ile uyumlu olması fikri ile inşa edilmiştir. Manastırın bir diğer özelliği olan iç mekânda doğal ışın kullanılmasına ilişkin tasarım da herhangi bir biyomimikri unsurunu içinde taşımamaktadır. Ancak ışığın kullanılması açısından enerji tasarrufun gerçekleşmesi ekolojik seviyeyi işaret etmektedir.



Şekil 4.16. Manastır

Kaynak: URL-22

4.2. Türkiye’deki Modern Mimari Örneklerinde Biyomimikri Bulguları

Çalışmanın amacına uygun şekilde 20. Yüzyıl sonrası Türkiye’de yer alan modern mimari örneklerinde biyomimikri bulgularının tespiti gerçekleştirilmektedir.

Atatürk Kütüphanesi

Atatürk Kütüphanesinin yapımı Koç Holding tarafından karşılanmıştır. Binanın mimarı ise Sedat Hakkı Eldem olmuştur. Atatürk Kütüphanesinin binasının yapımı için 1973 yılında karar verilmiş 1981 yılında ise kullanıma geçilmiştir. Binanın işlevlerine bakıldığında kütüphane olmasının yanı sıra kültür merkezi olması anlayışından hareket edilerek sergi salonları ve müze alanlarına da sahip olduğu görülmektedir.

Binanın genel tasarısına bakıldığında üç kattan oluşan bir kitaplığa sahiptir. Binanın dış cephesi gibi iç mekânında mimar Eldem'in geleneksel Türk mimari özellikleri ile modernizmi harmanlayan stili dikkat çekmektedir. Aşağıdaki resimde görülebileceği gibi kütüphanenin dikkat çeken çatı yapısındaki altıgen oluşum mimarın daha önce Türk Lokantası için tasarlamış olduğu ancak hayata geçiremediği bir projeden alınmıştır.



Şekil 4.17. Atatürk Kütüphanesi'nin genel görünümü

Kaynak: URL-22

Atatürk Kütüphanesinin biyomimikri özelliklerine bakıldığında çatısının altı adet yapılmış olan altıgen öbeklerin olduğu görülmektedir. Bu öbekler organizma seviyesini işaret etmektedir. Çatının bu şekilde tasarlanması ile doğal gün ışığından tüm kütüphanenin yararlanması amaçlanmıştır. Böylece enerji tasarrufuna gidilebilmiştir. Ancak tam anlamıyla ekolojik bir yapı olmaması ile biyomimikrinin diğer seviyelerine ilişkin özellikler görülememektedir. Tüm bunlara ek olarak binanın havalandırma sistemi de doğal sirkülasyon eşliğinde gerçekleştirilerek buradan da enerji tasarrufuna gidildiği görülmektedir.

Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Camisi

Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Camisi 1982 yılında yapılmıştır. Ancak yıllar içerisinde depreme dayanıklı olmadığı tespit edilerek 2022 yılında yıkılmıştır. Cami İstanbul'un Üsküdar semtinde yer almaktadır. Caminin diğer bir

özelliği ise protokol cami olmasıdır. Türkiye’de önemli isimlerin naaşları bu camiden kaldırılmaktadır. Yeni yapılan caminin mimarı Hilmi Şenalp’tır. Caminin açılışı ise 2015 yılında gerçekleşmiştir.

Yeni yapılan camiinin mimarisine bakıldığında eskiye kıyasla modern izlerin olduğu görülmektedir. Bu izler biyomimikri ile ilişkilendirilebilecek özellikleri de içinde taşımaktadır. Öyle ki doğada yer alan canlıların davranış biçimlerinin durağan bir şekilde caminin kubbesinde yansıtıldığı görülmektedir.



Şekil 4.18. Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Camisi

Kaynak: URL-34

Caminin bu şekilde tasarlanmış olmasında caminin içinde kültür merkezinin de yer alıyor olması önem taşımaktadır. İslam inancında yer alan kâinat ile bütün olma anlayışının caminin kubbesindeki yansıması makro ölçekten mikroya hareket eden dönüş eyleminin aktarılmış olduğu dikkat çekmektedir.

Cami de sadece modern izler değil Anadolu mimarisinde yer alan kırlangıç tavan tekniğinin de kullanıldığı görülmektedir. Bu da geleneksel Türk mimarisinde biyomimikrinin olduğunu göstermektedir.

Caminin aydınlatılmasında kubbenin spiral şekilde dizayn edilen yapısı önem arz etmektedir. Böylece caminin içinin aydınlatılmasında doğal ışıktan yararlanılması amaçlanılmıştır. Ayrıca kubbe yarı betonarme yarı cam olmasıyla modernizmin ve geleneğin birleştirildiği önemli bir noktayı işaret etmektedir.

Yapının inşasında Antalya'nın simgesi olması amacı ön planda tutulmuştur. Bu yüzden yapının inşa edildiği konum özellikle tercih edilmiştir. Konum itibari ile turistlerin gidiş ve dönüş yolu olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra yapı bir gözlem kulesi olma özelliğini de taşımaktadır. Bu yüzden 360 derecelik bir görsel alan oluşturması üzerine tasarlanmıştır.

Yapının formunda ilham alınan kaynak ise Antalya'nın tarihi simgesi olan Hadrianus Kapısı (Üçkapılar) olmuştur. Aşağıdaki görselde görüleceği gibi Hadrianus Kapısı (Üçkapılar) ile benzer şekilde üç parçalı bir yapı inşa edilmiştir. Yapının fonksiyonu da formuna bağlı olarak geliştirilmiş ve üç asansör ile kulenin tepesine çıkılması için işlevsellik geliştirilmiştir.



Şekil 4.20. EXPO 2016 kulesi ve Hadrianus Kapısı (Üçkapılar)

Kaynak: URL-35

EXPO 2016 Kulesinin biyomimikri özelliklerine bakıldığında strüktürlerden yararlanılarak bir form oluşturulduğu görülmektedir. Doğada yer alan canlıların sistemlerinden ziyade kentin sahip olduğu tarihi mirası modernizm ile sunmayı amaçlamış bir yapı olması nedeniyle biyomimikri özelliklerini çok yansıtmadığı görülmektedir.

Diyarbakır Yatırım İzleme Koordinasyon Başkanlığı

Diyarbakır Valiliğine bağlı olan Yatırım İzleme Koordinasyon Başkanlığı (YİKOB) kentin modern bir yansıması olması amacıyla inşa edilmiştir. Yapının geometrik şekillerden yola çıkılarak tasarlanması Tevfik İnşaata aittir.

Aşağıdaki görselde görülebileceği üzere yapının dış cephesi bir ana gövdeden ve küçük parçasından meydana gelmektedir. Ana gövde oval olma özelliğindedir. Küçük parça ise dikdörtgen yapıdadır.

Yapının geleneksel Türk mimarisinde olmayan bu birleştirilmiş geometrik yapı biçimi biyomimikri ekseninde incelenebilmektedir. Doğada yer alan canlı

sistemlerindeki yapılardan ilham alınarak oval çerçeve ile organizma seviyesinde olduğu işaret edilebilir. Yapının ışık kazanımını sağlayan cam gövdesi ile enerji tasarrufunun da gerçekleştiği söylenebilir. Ancak ekolojik bir yapı değildir.



Şekil 4.21. Diyarbakır Yatırım İzleme Koordinasyon Başkanlığı (YİKOB) binası

Kaynak: URL-20

Diyarbakır Yatırım İzleme Koordinasyon Başkanlığı (YİKOB) binası modern bir mimari olarak değerlendirilebilmektedir. Ancak biyomimikri özelliklerini doğrudan yansıtan özellikler arasında sadece formu ile dikkat çekmektedir.

5.TARTIŞMA

İnsanlar doğayı hâkim olunacak bir varlık olarak görmeye başlamışlardır. Önceki toplumların aksine insanlar doğaya sırtlarını dönmüşlerdir. Başka bir deyişle, toplumsal değişmelerin neden olduğu toplumsal sorunlar, doğaya yönelik algı ve tutumlarda bir kaymaya neden olmuştur. O zamandan itibaren insanlar toplumsal sorunlar nedeniyle sürekli olarak doğadan uzaklaşmışlardır.

Dünyada tarihsel süreç içerisinde gerçekleşen tüm devrimlerin biyomimikriden ayrı düşünülemeyeceği görülmektedir. Çünkü biyomimikride doğadan esinlenme söz konusudur. Doğada var olan canlıların ve sistemlerin insan yaşamında birçok alan içerisinde biyomimikri ile meydana getirilmeye çalışması sürdürülebilirliği işaret etmektedir. Yapılan bu çalışmada dünyada gerçekleşen devrimlerin biyomimikrinin oluşumunda özellikle biyomimikri ve mimarlık alanındaki varlığı değerlendirilmektedir.

Bu süreçte Genetik mühendisliği, insanların fikirlerini ikiye bölen bir gelişme olmuştur. Bazıları bu gelişmeyi tamamen desteklemiş, bazıları ise etkileri ve etrafındaki tartışmalı konular nedeniyle buna tamamen katılmamıştır. Bu yeni alan sanayi için hammadde üretmenin, gıda geliştirmenin, yeni ilaçlar bulmanın, kirliliği önlemenin, atıkları geri dönüştürmenin, bakteri, maya, bitki ve hayvanları değiştirerek kalıtsal hastalıklara uzun süreli tedaviler bulmanın bir yoluydu. Diğ.ne göre, genetik mühendisliği insan ırkını dünyanın doğal düzenine sürüklemiş ve yok etmiştir. Dünyanın ekosistemi bozulmuş, kontrolsüz yayılan mikroorganizmalar antibiyotiklere direnç sağlamış ve bu yeni hastalıklar sorunlara neden olmuş ve yaşamın kutsallığı yozlaşmıştır.

Özetle, insanlığı çok ileriye taşıma potansiyeline rağmen bu alan ve teknoloji ile ilgili potansiyel sağlık ve çevresel, tarımsal ve ekonomik riskler bulunmaktadır.

6. SONUÇLAR

Geçmişten günümüze insanların yaşam biçimlerinde sürekli olarak dönüşümler yaşanmaktadır. En önemli dönüşüm yerleşik hayata geçildikten sonra olmuştur denilebilir. Çünkü yerleşik hayat ile birlikte toprağa yakın olmak için insanların yaşam alanlarını çevrelemesi için evlerin inşası söz konusu olmuştur. İnsanların yaşamlarını sürdürmek için yapılan evler ise zaman içerisinde beklentiler ve istenilen biçimlerde şekillenmiştir. Ancak insanlar sadece kapalı mekanlar olarak evlerin dışında sosyal bir varlık olmalarının getirmiş olduğu ilişkisellikten dolayı farklı mekân ihtiyaçlarını karşılamak için yapılar inşa etmeye başlamıştır. Bu yapılar genel anlama toplumsal alana hizmet eden yapılar olmuşturlardır.

Yapılan bu çalışmada insanın varlığını sürdürdüğü süreçte değişimlerin başında yaşam alanını şekillendiren kapalı mekânların değişen mantığı üzerinden bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın incelleme alanı mimaride biyomimikri unsurları şeklinde belirlenmiştir. Oldukça geniş bir alanı temsil etmesi üzerine dünyadaki örnekler ile Türkiye'deki mimari örneklerden yararlanılarak biyomimikri unsurları göz önünde bulundurularak değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde biyomimikrinin kavramsal çerçevesine bağlı olarak gelişen yaklaşımlar ve biyomimikrinin ilkelerine ilişkin literatür taramaları gerçekleştirilmiştir. Akademide incelenen önemli bir konu olmasının yanı sıra yaşam içerisinde hayata geçirilen mimari çalışmaların olduğu da bu literatür taramaları ile incelenmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümü olan bulgulara ilişkin değerlendirmeler ise iki başlık altında ele alınmıştır. İlkinde dünyadaki mimari yapılarda biyomimikri unsurlar değerlendirilmiştir. Buna göre dünyanın hemen hemen her kıtasında biyomimikriye uygun yapıların olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşılık biyomimikrinin sürdürülebilirlik yönünü gösteren yapıların oldukça az olduğu genel olarak biyomimikri seviyelerinden organizma seviyesine yakın çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Ekolojinin göz önünde bulundurulduğu yapılar inşa edilmiş olduğu

görülse de bu yapıların süreklilik arz eden veyahut genel anlamda toplumda kabul gören yapı biçimlerinden olmadığı Çalışmada bulgular bölümünün ikinci başlığında Türkiye'deki mimari yapılarda biyomimikri unsurları değerlendirilmiştir. Buna göre Türkiye'de çok az sayıda biyomimikri unsurunu taşıyan yapıların olduğu görülmüştür. Bu yapılarında ekolojik seviyeye yükselmediği sadece bir kısmının davranış seviyesine gelebildiği görülmüştür.

Sonuç olarak dünyadaki biyomimikrinin gelişimine Türkiye'nin henüz form açısından yaklaşabildiği ekolojik sistem düşünülerek hayata geçirilen yapıların olduğu görülmektedir. Dünyada inşa edilen yapıların ise bir kısmının sürdürülebilirlik açısından pozitif özelliklere sahip olduğu bunun dışında biyomimikrinin daha çok biçimsel yani organizma seviyesine ilişkin yapıların inşa edildiği görülmektedir.

Dünyanın içinde olduğu küresel krizin önlenbilmesinde artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanmasında sürdürülebilir yaşam biçimin kabul edilmesi öncelikle insanların yaşamlarının çoğunluğunu geçirdikleri mekanların inşasında olmasının gezegenimiz için olumlu sonuçların meydana gelmesinde yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bu anlamda biyomimikrinin mimaride hızlı bir yükselişe geçmenin insanlığın geleceği için büyük önem taşıdığı ifade edilebilir görülmüştür.

7.ÖNERİLER

Biyomimikrinin ortaya çıkmasında dünyada gerçekleşmiş olan devrimlerin büyük etkileri bulunmaktadır. Bu bağlamda tarım devrimi, bilimsel devrim, sanayi devrimi, petrokimya devrimi ve genetik mühendisliği devrimine bakılması gerekmektedir. Böylece biyomimikri ilkelerinin anlaşılması için genel bir bakış oluşacaktır. Ayrıca çalışmanın uygulama bölümündeki örneklerin analiz edilmesinde dünyadaki devrimlerin nasıl etkiler meydana getirdiği de ortaya konulabilecektir.

Biyomimikri, her ölçekteki teknik ve sosyal sorunlara çözüm bulmak için uygulanabilecek derin ve kapsamlı bir alandır. Tüm unsurların birbirine bağımlı olduğu bir sistem bakış açısıyla doğanın incelenmesini önermektedir.

Biyomimikri bağlamında literatüre bakıldığında dünyanın daha yaşanılabilir ve sürdürülebilir bir alan olması için doğadan yer alan tasarımların soyutlanması ya da taklit edilmesi şeklinde ifade edilen bir disiplin olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak doğa tarih boyunca her zaman mimariyi teşvik eden bir kaynak olmuş ve net izler bırakmıştır. Günümüzde “mimaride biyomimesis” kavramı düşünüldüğünde, terim genellikle “mimarlıkta sürdürülebilirlik” terimi ile birbirinin yerine geçmektedir. Biyomimetik çalışmaların artmasının ve Biyomimetik düşünme biçiminin geliştirilmesinin mimaride köklü bir değişime yol açacağını söylemek de mümkündür. Bu saygılı taklit, kökten yeni bir yaklaşım, bir devrimdir. Yakın gelecekte, Biyomimetik Devrim, Sanayi Devrimi’nden farklı olarak, doğadan ne çıkarabileceğimize değil, ondan bir akıl hocası olarak ne öğrenebileceğimize dayalı bir çağ açacaktır.

8. KAYNAKLAR

- Abdulkarim, D., & Nasar, J. L.** (2014). Are livable elements also restorative?. *Journal of Environmental Psychology*, 38, 29-38.
- Adriaenssens, S., Gramazio, F., Kohler, M., Menges, A., & Pauly, M. (Eds.).** (2016). *Advances in architectural geometry 2016*. vdf Hochschulverlag AG.
- Aggarwal, P., & McGill, A. L.** (2012). When brands seem human, do humans act like brands? Automatic behavioral priming effects of brand anthropomorphism. *Journal of consumer research*, 39(2), 307-323.
- Aldersey-Williams, H.** (2003). *Zoomorphic: new animal architecture*. London: Laurence King.
- Andrew, D. S.** (1985). *Louis Sullivan and the Polemics of Modern Architecture the Present Against the Past*.
- Arslan Selçuk S. & Sorguç, A.** (2005) *Biomimesis in Architecture: Inspiration for Next Generation Po (r) table Buildings*.
- Arslan Selçuk, S.** (2009). Proposal for a non-dimensional parametric interface design in architecture: a biomimetic approach.
- Arslan, G. Y.** (2014). Biomimetic architecture a new interdisciplinary approach to architecture. *ALAM CIPTA, International Journal of Sustainable Tropical Design Research and Practice*, 7(2), 29-36.
- Aygün, B., & Mutlu, A.** (2006). Ekolojik toplumun organik toplumla ilişkisi üzerine. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 61(1), 3-35.
- Badarnah, L., & Kadri, U.** (2015). A methodology for the generation of biomimetic design concepts. *Architectural Science Review*, 58(2), 120-133.
- Baek, E., Choo, H. J., & Lee, S. H. M.** (2018). Using warmth as the visual design of a store: Intimacy, relational needs, and approach intentions. *Journal of Business Research*, 88, 91-101.
- Bakırhoğlu, Y.** (2012). *Biomimicry for sustainability: an educational project in sustainable product design (Master's thesis)*.

- Bar, M., & Neta, M.** (2006). Humans prefer curved visual objects. *Psychological science*, 17(8), 645-648.
- Bar-Cohen, Y.** (2005). *Biomimetics: biologically inspired technologies*. CRC Press.
- Barsukova, N.** (2018, December). The process of transformation natural forms into an associative design model. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 463, No. 2, p. 022044). IOP Publishing.
- Barthlott, W., & Neinhuis, C.** (1997). Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202(1), 1-8.
- Baumeister, D., Tocke, R., Dwyer, J., Ritter, S., & Benyus, J.** (2012). *Biomimicry resource handbook*. A seed.
- Baumeister, D., Tocke, R., Dwyer, J., Ritter, S., & Benyus, J.** (2013). *Biomimicry Resource Handbook: A seed bank of knowledge and best practices*. Missoula: Biomimicry, 3.
- Beard, C., & Hartmann, R.** (1997). Naturally enterprising-eco-design, creative thinking and the greening of business products. *European Business Review*.
- Bensaude-Vincent, B., Arribart, H., Bouligand, Y., & Sanchez, C.** (2002). Chemists and the school of nature. *New journal of chemistry*, 26(1), 1-5.
- Benyus, J. M.** (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature* (p. 320). New York: Morrow.
- Benyus, J. M.** (2011). *A biomimicry primer*. The Biomimicry Institute and the Biomimicry Guild.
- Berkebile, B., & McLennan, J.** (2004). The living building: biomimicry in architecture, integrating technology with nature. *BioInspire Magazine*, 18.
- Bertamini, M., Palumbo, L., Gheorghes, T. N., & Galatsidas, M.** (2016). Do observers like curvature or do they dislike angularity?. *British Journal of Psychology*, 107(1), 154-178.
- Beveridge, M., & Perkins, E.** (1987). Visual representation in analogical problem solving. *Memory & Cognition*, 15(3), 230-237.
- Bhushan, B.** (2009). Biomimetics: lessons from nature—an overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1893), 1445-1486.
- Birkeland, J.** (2002). *Design for sustainability: a sourcebook of integrated, ecological solutions*. Earthscan.

- Blincoe, K., Fuad-Luke, A., Spangenberg, J. H., Thomson, M., Holmgren, D., Jaschke, K., ... & Tylka, K.** (2009). DEEDS: a teaching and learning resource to help mainstream sustainability into everyday design teaching and professional practice. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 4(1), 1-23.
- Boga-Akyol, M., & Timur-Ogut, S.** (2016). Exploring Biomimicry in the Students' Design Process. *Design and Technology Education: an International Journal*, 21(1).
- Brennan, P. L.** (2015). *The Business and Promise of Biomimicry*.
- Brezet, H.** (1997). *Ecodesign-A promising approach to sustainable production and consumption*. United Nations Environmental Programme (UNEP).
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A.** (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
- Cattano, C., Nikou, T., & Klotz, L.** (2011). Teaching systems thinking and biomimicry to civil engineering students. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), 176-182.
- Chandler, A. D.** (2009). *Shaping the industrial century*. Harvard University Press.
- Charter, M., & Tischner, U.** (Eds.). (2017). *Sustainable solutions: developing products and services for the future*. Routledge.
- Chick, A., & Micklethwaite, P.** (2011). *Design for sustainable change: how design and designers can drive the sustainability agenda* (Vol. 38). AVA publishing.
- Coburn, A., Kardan, O., Kotabe, H., Steinberg, J., Hout, M. C., Robbins, A., ... & Berman, M. G.** (2019). Psychological responses to natural patterns in architecture. *Journal of Environmental Psychology*, 62, 133-145.
- Coleman, W.** (1964). *Georges Cuvier, Zoologist*. Massachusetts: Harvard University Press.
- Collins, P.** (1978). The Biological Analogy. In *Changing Ideals in Modern Architecture 1750-1950* (pp. 149-158). Montreal: Mc Gill - Queens University Press.
- Cooper, T.** (2005). Slower consumption reflections on product life spans and the "throwaway society". *Journal of industrial Ecology*, 9(1-2), 51-67.

- Dazkir, S. S., & Read, M. A.** (2012). Furniture forms and their influence on our emotional responses toward interior environments. *Environment and Behavior*, 44(5), 722-732.
- De Pauw, I., Kandachar, P., Karana, E., Peck, D., & Wever, R.** (2010). Nature inspired design: Strategies towards sustainability.
- De Wolf, T., & Holvoet, T.** (2004, July). Emergence versus self-organisation: Different concepts but promising when combined. In *International workshop on engineering self-organising applications* (pp. 1-15). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Declaration, R.** (1992, June). Rio declaration on environment and development. In *Report of the United Nations conference on environment and development, Rio de Janeiro* (pp. 3-14).
- Del Grosso, A. E., & Basso, P.** (2010, January). Unconventional Structural Forms in Pedestrian Bridge Design. In *IABSE Symposium: Large Structures and Infrastructures for Environmentally Constrained and Urbanised Areas, Venice, Italy, 22-24 September 2010* (pp. 520-521).
- Edwards, A. R.** (2005). *The sustainability revolution: Portrait of a paradigm shift*. New Society Publishers.
- Eggermont, M.** (2007). Biomimetics as problem-solving, creativity and innovation tool. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEAA)*.
- Eryildiz, S., & Mezini, L.** (2012). Bioarchitecture-Inspirations from nature. *Gazi University Journal of Science*, 25(1), 263-268.
- Estevez, A. T.** (2015). *Biodigital Architecture & Genetics*. Barcelona: ESARQ.
- Fiksel, J.** (2009). *Design for environment: a guide to sustainable product development*. McGraw-Hill Education.
- Flint, R. W.** (2012). *Practice of sustainable community development: a participatory framework for change*. Springer Science & Business Media.
- Frazer, J.** (1995). *Themes VII: An Evolutionary Architecture*. London: Architectural Association.
- Frazer, J., Frazer, J., Liu, X., Tang, M., & Janssen, P.** (2002). Generative and evolutionary techniques for building envelope design. In *Generative Art 2002, 5th International Conference GA2002* (pp. 3-1). Generative Design Lab.
- Frei, H., & Sullivan, L. H.** (1992). *Louis Henry Sullivan*. Artemis Verlag.
- Frisch, K. V., & Frisch, O. V.** (1974). *Animal architecture* (No. 591.564 F7).

- Fromm, J.** (2005). Types and forms of emergence. arXiv preprint nlin/0506028.
- Gentner, D., & Markman, A. B.** (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American psychologist*, 52(1), 45.
- Gillis, K., & Gatersleben, B.** (2015). A review of psychological literature on the health and wellbeing benefits of biophilic design. *Buildings*, 5(3), 948-963.
- Gramann, J.** (2004). Problemmodelle und Bionik als Methode. PhD Thesis. Technical University Munich.
- Gruber, P., & Imhof, B.** (2017). Patterns of growth—Biomimetics and architectural design. *Buildings*, 7(2), 32.
- Güvenç, B., & Zillioğlu, M.** (1993). Antropoloji,(İnsanbilim). Anadolu Üniversitesi.
- Güzel, B.** (2014). “Reflections of Social Problems Based on Industrial Revolution in Literature: Germinal by Émile Zola.” *The Journal of International Social Research* 33 (7): 157-165.
- Hansell, M.H.** (2005). *Animal architecture*. Oxford animal biology series. New York: Oxford University Press.
- Harman, P.** (2013). *The scientific revolution*. Routledge.
- Hawken, P.** (1993). *The ecology of commerce*. San Francisco: Harper Business.
- Head, P.** (2008). ‘Entering the ecological age: The engineers role.’ *Brunel International Lectures*. London: Institution of Civil Engineers.
- Helms, M., Swaroop, S. V., & Goel, A. K.** (2009). *Biologically inspired design: process and products*. Elsevier, 606-622.
- Hensel, M.** (2006). Computing self-organisation: environmentally sensitive growth modelling. *Architectural Design*, 76(2), 12-17.
- Hensel, M., & Menges, A.** (2008). Designing Morpho-Ecologies. *AD-Versatility & Vicissitude: Performance in Morpho, Ecological Design*, 102-111.
- Hensel, M., & Menges, A.** (2009). Patterns in Performance-Orientated Design: An Approach towards Pattern Recognition, Generation and Instrumentalisation. *Architectural design*, 79(6), 88-93.
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M.** (2010). *Emergent technologies and design: towards a biological paradigm for architecture*. Routledge.
- Heynen, H.** (2004). *That is Architecture: key texts from the twentieth century*. Rotterdam: Nai10 Publishers.
- Hill, B.** (2005). Goal setting through contradiction analysis in the bionicsoriented construction process. *Creativity and Innovation Management* 14(1), 59–65.

- Hollington, G.** (2007). Biomimetics and product design. Biomimetics: strategies for product design inspired by nature. DTI Global Watch Mission Report, 64.
- Howe, C., & Boyer, D.** (2015). Aeolian politics. *Distinktion: Scandinavian Journal of Social Theory*, 16(1), 31-48.
- https://www.akvaryum.com/forum/akvaryum_tabaninda_olusan_bocekler_k853222_sn2.asp
- Jones, P.** (2012) Climate Research Unit Information Sheet 1: Global Temperature Record.
- Joye, Y.** (2007). Architectural Lessons From Environmental Psychology: The Case of Biophilic Architecture, *Review of General Psychology*, 11(4), 305-328.
- Karabetça, A. R.** (2016). Biyomimikri destekli mekan tasarımı ölçütleri ve bu ölçütlerin örnekler üzerinde incelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Fakültesi, İstanbul
- Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M.** (2011). Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life. John Wiley & Sons.
- Kelly, K.** (1994). Out of Control--The new biology of machines.
- Kibert, C. J.** (2006) Revisiting and Reorienting Ecological Design. Construction Ecology Symposium. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Kibert, C. J., Sendzimir, J., & Guy, G. B. (Eds.).** (2002). Construction ecology: nature as a basis for green buildings. Routledge.
- Klein, L.** (2009). A phenomenological interpretation of Biomimicry and its potential value for sustainable design (Doctoral dissertation, Kansas State University).
- Klimke, H., Sanchez, J., Vasiliu, M., Stuehler, W., & Kaspar, C.** (2002, August). The envelopes of the arts centre in Singapore. In *Proceedings of the 5th International Conference on Space Structures*. November, Surrey (pp. 1-12).
- Knight, W.** (2001) Beetle fog-catcher inspires engineers. *New Scientist*, 13, 38.
- Knippers, J., & Speck, T.** (2012). Design and construction principles in nature and architecture. *Bioinspiration & biomimetics*, 7(1), 015002.
- Kolarevic, B. (Ed.).** (2004). Architecture in the digital age: design and manufacturing. Taylor & Francis.
- Korhonen, J.** (2007). Environmental planning vs. systems analysis: Four prescriptive principles vs. four descriptive indicators. *Journal of environmental management*, 82(1), 51-59.

- Korzybski, A.** (1933). A non-Aristotelian system and its necessity for rigour in mathematics and physics. *Science and Sanity* [n.v.], 747–761.
- Kuday, I.** (2009). Tasarım sürecinin destekleyici faktör olarak biyomimikri kavramının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuhlmann, D.** (2011). Biomorphism in architecture: speculations on growth and form. In *Biomimetics--Materials, Structures and Processes* (pp. 149-178). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Landwehr, J. R., McGill, A. L., & Herrmann, A.** (2011). It's got the look: The effect of friendly and aggressive “facial” expressions on product liking and sales. *Journal of marketing*, 75(3), 132-146.
- Larsen, L., Adams, J., Deal, B., Kweon, B. S., & Tyler, E.** (1998). Plants in the workplace: The effects of plant density on productivity, attitudes, and perceptions. *Environment and behavior*, 30(3), 261-281.
- Lawton, J. H., & Jones, C. G.** (1995). Linking species and ecosystems: organisms as ecosystem engineers. In *Linking species & ecosystems* (pp. 141-150). Springer, Boston, MA.
- Leavitt, J. W.** (1996). *The healthiest city: Milwaukee and the politics of health reform*. Univ of Wisconsin Press.
- Leder, H., Tinio, P. P., & Bar, M.** (2011). Emotional valence modulates the preference for curved objects. *Perception*, 40(6), 649-655.
- Liu, S. Q., Bogicevic, V., & Mattila, A. S.** (2018). Circular vs. angular servicescape:”Shaping” customer response to a fast service encounter pace. *Journal of Business Research*, 89, 47-56.
- Lockton, D., Harrison, D., & Stanton, N. A.** (2013). Exploring design patterns for sustainable behaviour. *The Design Journal*, 16(4), 431-459.
- London, T., Hart, S. L., & Kacou, E.** (2011). *Business Strategies for the Bottom of the Pyramid* (Collection). FT Press.
- Lopez, M., Rubio, R., Martin, S. and Croxford, B.** (2017). How Plants Inspire Façades. From Plants To Architecture: Biomimetic Principles For The Development Of Adaptive Architectural Envelopes, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67(1), 692-703.
- Lynn, G.** (2000). Greg Lynn: Embriyological Houses. *AD Contemporary Processes in Architecture*(70(3)), 26-35.

- Macnab, M.** (2011). *Design by nature: Using universal forms and principles in design*. New Riders.
- Mainstone, R.** (1975). *Construction and form*.
- Manzini, E., & Jegou, F.** (2003) *Sustainable everyday: Scenarios for urban life*. Milano: Edizioni Ambiente.
- Manzini, E., & Jégou, F.** (2003). *Sustainable everyday*. *Design Philosophy Papers*, 1(4).
- Manzini, E., & Vezzoli, C. A.** (2002). *Product-service systems and sustainability: Opportunities for sustainable solutions*. UNEP-United Nations Environment Programme.
- Marchand, A., & Walker, S.** (2007). *Connecting through time: Old objects, new contexts, and design-centered research for sustainability*. Retrieved November, 25, 2009.
- Marshall, A.** (2007). *The theory and practice of ecomimicry*.
- Marshall, A., & Lozeva, S.** (2009). *Questioning the theory and practice of biomimicry*. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 4(1), 1-10.
- Mazzoleni, I.** (2013). *Architecture follows nature-biomimetic principles for innovative design* (Vol. 2). Crc Press.
- McDonough, W., & Braungart, M.** (2002). *The Next Industrial Revolution*, The Atlantic.
- McDonough, W., Braungart, M., Anastas, P.T., & Zimmerman, J.B.** (2003) 'Applying the principles of green engineering to cradle-to-cradle design.' *Environmental Science & Technology*. 37 (23): 434A-41A
- McGregor, S. L.** (2013). *Transdisciplinarity and biomimicry*. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 4.
- McLennan, J. F.** (2004). *The philosophy of sustainable design: The future of architecture*. Ecotone publishing.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J.** (1992). *Beyond the limits: global collapse or a sustainable future*. Earthscan Publications Ltd..
- Menges, A.** (2012). *Biomimetic design processes in architecture: morphogenetic and evolutionary computational design*. *Bioinspiration & biomimetics*, 7(1), 015003.

- Mertins, D.** (2007). Where architecture meets biology: an interview with Detlef Mertins. Departmental Papers (Architecture), 7.
- Miller, J.** (2010) 'Biomimicry in engineering education.' Paper presented at the The Inaugural Conference of the Canadian Engineering Education Association (CEEAA), 7-9 June. Queen's University, Kingston, ON, Canada. [
- Mirkia, H.** (2018). The impact of biomorphic design on the memorability of interior environments. The University of Wisconsin-Madison.
- Morgan, S.** (2003). Genetic engineering: the facts. Evans Brothers.
- Murray, J. D.** (2003), Mathematical Biology-II: Spatial Models and Biomedical Applications New York, Springer, 3.Baskı, p.
- Nachtigall, W.** (2002). Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Berlin: Springer
- Nair, G.** (2009). Sanayi Toplumu'ndan Bilgi Toplumu'na, Homo Economicus' tan Homo Technologicus'a. Toplumsal Dönüşümler ve Sosyolojik Yaklaşımlar, VI. Ulusal Sosyoloji Kongresi Bildiriler Kitabı, ss, 309-328.
- Brundtland, G.H.** (1987). 'Report of the world commission on environment and development (wced): Our common future (an annex to document a/42/427: Development and international co-operation: Environment).' UN Documents: Gathering a Body of Global Agreements New York: NGO (Non-Government Organizations) Committee on Education, the United Nations
- O'Reilly U., Hemberg M., Menges A.** (2004, May/June). Evolutionary Computation & Artificial Life in Architecture. Architectural Design, 49-50.
- Orr, D. W.** (1992). Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern world. Suny Press.
- Otto, K. N.** (1996, August). Forming product design specifications. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 97607, p. V004T04A003). American Society of Mechanical Engineers.
- Oxman, N.** (2015). Templating design for biology and biology for design. Architectural Design, 85(5), 100-107.
- Özen, G.** (2016), Doğa Referanslı Tasarım: Biyomimikri, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Padmanabhan, A.** (2013). The Eco Office: Dynamic and Homeostatic Facades inspired by Biomorphism, Biomimicry, And Biophilia.

- Panchuk, N.** (2006). An exploration into biomimicry and its application in digital & parametric [architectural] design (Master's thesis, University of Waterloo).
- Papanek, V.** (1986). Design in Developing Countries 1950–1985: a summing-up. *Art Libraries Journal*, 11(2).
- Papanek, V. J.** (1995). *Green imperative*. Thames and Hudson.
- Park, N. K., & Farr, C. A.** (2007). The Effects of Lighting on Consumers' Emotions and Behavioral Intentions in a Retail Environment: A Cross-Cultural Comparison. *Journal of Interior Design*, 33(1), 17-32.
- Parker, A. R., & Lawrence, C. R.** (2001). Water capture by a desert beetle. *Nature*, 414(6859), 33-34.
- Patra, S., & Andrew, A. A.** (2015). Human, Social, and Environmental Impacts of Human Genet. *Journal of Biomedical Sciences*, 4(2).
- Pawlyn, M.** (2019). *Biomimicry in architecture*. Routledge.
- Petrig, T.** (2013). *Product Innovation Inspired by Nature*.
- Primlani, R. V.** (2013). Biomimicry: On the Frontiers of Design. *Vilakshan: The XIMB Journal Of Management*, 10(2).
- Puzakova, M., Kwak, H., & Rocereto, J. F.** (2013). When humanizing brands goes wrong: The detrimental effect of brand anthropomorphization amid product wrongdoings. *Journal of marketing*, 77(3), 81-100.
- Ramakers, R.** (2002). *Less+ more: Droog design in context*. 010 Publishers.
- Rauschnabel, P. A., & Ahuvia, A. C.** (2014). You're so lovable: Anthropomorphism and brand love. *Journal of Brand Management*, 21(5), 372-395.
- Ravilious, K.** (2007) Borrowing from Nature's Best Ideas. *The Guardian*, July 31.
- Reap, J., Baumeister, D. & Bras, B.** (2005) Holism, Biomimicry and Sustainable Engineering. ASME International Mechanical Engineering Conference and Exposition. Orlando, FL, USA.
- Reed, B.** (2006) Shifting our Mental Model - "Sustainability" to Regeneration. *Rethinking Sustainable Construction 2006: Next Generation Green Buildings*. Sarasota, Florida.
- Richardson, J., Irwin, T., & Sherwin, C.** (2005). *RED: Design and Sustainability A scoping report*.
- Robèrt, K. H.** (2002). *The natural step story: Seeding a quiet revolution*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers
- Rodenacker, W.** (1976). *Methodisches Konstruieren*. Berlin: Springer.

- Rosemond, A. D., & Anderson, C. B.** (2003). Engineering role models: do non-human species have the answers?. *Ecological Engineering*, 20(5), 379-387.
- Roth, L. M.** (1993). *Understanding Architecture: Its Elements. History, and Meaning.*
- Roudavski, S.** (2009). Towards morphogenesis in architecture. *International journal of architectural computing*, 7(3), 345-374.
- Rovalo, E., & McCardle, J.** (2019). Performance based abstraction of biomimicry design principles using prototyping. *Designs*, 3(3), 38.
- Russell, C. L.** (2004). An overview of the integrative research review. *Progress in transplantation*, 15(1), 8-13.
- Ryan, C. O., Browning, W. D., Clancy, J. O., Andrews, S. L., & Kallianpurkar, N. B.** (2014). Biophilic design patterns: emerging nature-based parameters for health and well-being in the built environment. *ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 8(2), 62.
- Saçlı, A.** (2009). Uluslararası çevre politikaları çerçevesinde çevre-teknoloji ilişkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Severud, F.** (1945). La natura è una fonte di ispirazione strutturale. *Metron*, 4-5.
- Sevinc Kayihan, K., Özcelik Guney, S. and Ünal, F.C. (2018), “Biophilia as the main design question in architectural design studio teaching”, *Megaron*, Vol. 13 No. 1, pp. 1-12.
- Shedroff, N.** (2009). *Design is the problem: the future of design must be sustainable.* Rosenfeld Media.
- Shelley, C.** (2015). Biomorphism and models in design. In *Philosophy and Cognitive Science II* (pp. 209-221). Springer, Cham.
- Sherwin, C.** (2004). Design and sustainability. *The Journal of Sustainable Product Design*, 4(1), 21-31.
- Shukla, M. M., & Shukla, A. K.** (2012). A Look Into the Petrochemicals Industry. *American Laboratory*, 44(1), 16-18.
- Sprague, P. E.** (1979). *The Drawings of Louis Henry Sullivan: A Catalogue of the Frank Lloyd Wright Collection at the Avery Architectural Library.* Princeton University Press.
- Spring, M.** (2008). St Mary Axe: A gherkin to suit all tastes. *Building Magazine*.
- Steadman, P.** (2008). *The Evolution of Designs Biological Analogy in Architecture and Applied Arts.* New York: Routledge Taylor&Francis.

- Stegall, N.** (2006). Designing for sustainability: A philosophy for ecologically intentional design. *Design issues*, 22(2), 56-63.
- Tantanatewin, W., & Inkarojrit, V.** (2016). Effects of color and lighting on retail impression and identity. *Journal of Environmental Psychology*, 46, 197-205.
- Tarhan S.** (2019) Doğanın İnovasyonu; Biyomimikri ve Bu Bağlamda Konya Tropikal Kelebek Bahçesi Örneği, Selçuk Üniversitesi-Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Ternaux, E.** (2011). Material World 3. In *Material World 3*. Birkhäuser.
- The Future We Want: Outcome document of United Nations Conference on Sustainable Development (2012, June) Retrieved on June, 29,2012, from: <http://daccess-ddsny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N12/381/64/PDF/N1238164.pdf?OpenElement>
- Todd, J.** (2004) Restorer Eco-Machines for the Culture of Aquatic Animals and the Restoration of Polluted Aquatic Environments. *BioInspire* 19.
- Todd, J., & Josephson, B.** (1996). The design of living technologies for waste treatment. *Ecological engineering*, 6(1-3), 109-136.
- Ulrich, R. S.** (1986). Human responses to vegetation and landscapes. *Landscape and urban planning*, 13, 29-44.
- Unruh, G.** (2010) *Earth, Inc.* Boston: Harvard Business Press
- Uzogara, S. G.** (2000). The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: A review. *Biotechnology advances*, 18(3), 179-206.
- Van den Bogerd, N., Dijkstra, S. C., Seidell, J. C., & Maas, J.** (2018). Greenery in the university environment: Students' preferences and perceived restoration likelihood. *PloS one*, 13(2), e0192429.
- Van der Ryn, S.** (2005). *Design for life: the architecture of Sim Van der Ryn*. Gibbs Smith.
- Van Oel, C. J., & van den Berkhof, F. D.** (2013). Consumer preferences in the design of airport passenger areas. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 280-290.
- Vassiliou, Marius S.** (2009). *Historical Dictionary of the Petroleum Industry*. Lanham, Md: Scarecrow Press.
- Velikov, K., & Thün, G.** (2013). Responsive building envelopes: characteristics and evolving paradigms. *Trubiano, F., Design and Construction of High Performance Homes*, 75-92.

- Vincent, J.** (2009). Biomimetic patterns in architectural design. *Architectural Design*, 79(6), 74-81.
- Vincent, J. F., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A. K.** (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471-482.
- Vincent, J.F.V.** (2001). *Stealing Ideas From Nature*. S. Pellegrino (Ed.), *Deployable Structures*, Wien: Springer-Verlag Wien, 51-58.
- Vine, H.** (2006). *Genetic engineering: a reference handbook*. Abc-Clio.
- Vogel, S.** (1998). *Cat's paws and catapults*. New York: WW Norton.
- Volstad, N. L., & Boks, C.** (2012). On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer. *Sustainable Development*, 20(3), 189-199.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (Eds.).** (1989). *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge University Press.
- Walker, D.** (2008). Sustainability: Environmental management, transparency and competitive advantage. *Journal of Retail & Leisure Property*, 7(2), 119-130.
- Walker, S.** (2006). *Sustainable by design: Explorations in theory and practice*. London: Earthscan.
- Walker, S.** (2013). *Imagination's Promise: practice-based design research for sustainability*, Chapter 28 of *Handbook of Design for Sustainability*, Walker, S. and Giard, J. eds.
- Walker, S., Dogan, C., & Marchand, A.** (2009, April). *Research through Design: The Development of Sustainable Material Cultures*. In 8th European Academy of Design Conference Proceedings,[Online] Available: <http://ead09.rgu.ac.uk/Papers/183.pdf> [31 July 2012].
- Whyte, W. H.** (1980). *The life of plazas*. na.
- Wilkinson, R. G., & Pickett, K. E.** (2009). Income inequality and social dysfunction. *Annual review of sociology*, 35, 493-511.
- Wilson, J. O.** (2008). *A systematic approach to bio-inspired conceptual design*. Georgia Institute of Technology.
- Worsley, G.** (2007). *Inigo Jones and the European classicist tradition*. Paul Mellon Ctr for Studies.
- Yeang, K.** (2006). *Ecodesign: A manual for ecological design*. London: Wiley-Academy.

- Yıldız, H.** (2012). Endüstri ürünleri tasarımı kapsamında biyomimetik tasarımın yeri ve metodolojisi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Young, G.** (2010). Design thinking and sustainability. *Zumio Meaningful Innovation*, 61(0), 1-27.
- Yuran, A. F., & Taşgetiren, S.** (2010). Doğadan esinlenerek tasarım. *Electronic Journal of BioTechnology*, 1, 2.
- Zari, M. P.** (2007, November). Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. In *The SB07 NZ sustainable building conference* (pp. 1-10).
- Zari, M. P.** (2010). Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation. *Architectural Science Review*, 53(2), 172-183.
- Zari, M. P., & Storey, J. B.** (2007, September). An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment. In *Sustainable building conference* (Vol. 7).
- Zuk, W.** (1970). *Kinetic Architecture*, Van Nostrand Reinhold, New York.

İnternet Kaynakları

- URL-1.** www.lotusan.de (02.09.2021)
- URL-2.** www.pinterest.com (02.09.2021)
- URL-3.** <http://icd.uni-stuttgart.de/> (31.08.2021)
- URL-4.** <http://upwards.the3doodler.com/gaudis-sagrada-familia-with-corneliakuglmeier/> (31.08.2021)
- URL-5.** <http://www.eden-project.co.uk> (31.08.2021)
- URL-6.** <http://www.enformasyonrafinerisi.com/komunitivite/robot-sophia-mivatandas-sophia-mi> (05.09.2021)
- URL-7.** <http://www.microscopy-uk.org.uk> (31.08.2021)
- URL-8.** http://www.ptw.com.au/ptw_project/watercube-national-swimming-centre/ (02.09.2021)
- URL-9.** <https://teknoloji-tasarim.com/biyotaklit-biyomimikri-ornekleri/> (02.09.2021)

- URL-10.** <https://arqteoria.wordpress.com/2013/09/23/aula-2-expressionismo-estrutural/> (02.09.2021)
- URL-11.** <https://asknature.org/strategy/leaves-given-structuralsupport/> (31.08.2021)
- URL-12.** <http://www.ernamontaj.com/haberdetay/asma-germe-membran-yapilartarihsel-gelisimi> (05.09.2021)
- URL-13.** <https://grimshaw.global/projects/the-eden-project-the-biomes/> (31.08.2021)
- URL-14.** <https://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-josephpaxton> (05.09.2021)
- URL-15.** <https://www.archdaily.com/623689/ad-classics-germanpavilion-expo-67-freiotto-and-rolf-gutbrod> (05.09.2021)
- URL-16.** <https://www.pinterest.co.uk/pin/291889619575810269/> (02.09.2021)
- URL-17.** https://www.researchgate.net/figure/a-Morphotex-structurally-coloured-fibredeveloped-by-Teijin-Japan-By-mimicking-the_fig4_316219139 (02.09.2021)
- URL-18.** <https://www.webtekno.com/concorde-supersonik-jetler-15-yil-aradan-sonrageri-donuyor-h57084.html> (05.09.2021)
- URL-19.** <https://kayipriitim.com/liste/leonardo-da-vinci-9-icat/> (02.09.2021)
- URL-20.** <https://tevfikinsaat.com/proje/diyarbakir-yatirim-izleme-koordinasyonbaskanligi-insaati> (05.09.2021)
- URL-21.** <https://ansiklopedi.vkv.org.tr/Kategoriler/Projeler/Egitim/Ataturk-Kitapligi> (02.09.2021)
- URL-22.** <https://lecorbusier-worldheritage.org/en/couvent-sainte-marie-de-la-tourette/> (05.09.2021)
- URL-23.** <https://inhabitat.com/qatar-cactus-office-building/> (02.09.2021)
- URL-24.** <https://www.orangesmile.com/extreme/tr/ilginc-16-binasi/esplanadetiyatrosu.htm> (05.09.2021)
- URL-25.** [https://stringfixer.com/tr/Prudential_\(Guaranty\)_Building](https://stringfixer.com/tr/Prudential_(Guaranty)_Building) (02.09.2021)
- URL-26.** <https://www.hodgsonruss.com/Louis-Sullivans-Guaranty-Building.html> (05.09.2021)
- URL-27.** <https://www.arch2o.com/biomimicry-enhances-architecture/> (31.08.2021)
- URL-28.** <http://www.durianhaven.com> (02.09.2021)

- URL-29.** <https://archeetect.com/tr/biyomimikri-mimarlikta-dogadan-ilham-almak/> (02.09.2021)
- URL-30.** <https://www.thedrinksbusiness.com/2016/08/db-drinks-summer-sky-riviera-atthe-gherkin/> (05.09.2021)
- URL-31.** <https://www.trekearth.com/gallery/Europe/Germany/West/Munich> (02.09.2021)
- URL-32.** <https://www.edenproject.com/> (31.08.2021)
- URL-33.** <https://mam.org/> (31.08.2021)
- URL-34.** <http://www.arkiv.com.tr/proje/marmara-ilahiyat-fakultesi-camii-ve-kulturmerkezi/5664> (31.08.2021)
- URL-35.** https://www.mimarizm.com/ilk-yapi/expo-2016-antalya-expo-kulesi_128576 (31.08.2021)
- URL-36.** <https://archello.com/project/watercube-beijing> (02.09.2021)
- URL-37.** <https://m.arkitera.com/haber/30025/su-kubu> (02.09.2021)
- URL-38.** http://www.arup.com/expertise/casestudy.cfm_studyid=6 (06.09.2021)
- URL-39.** <https://www.akvaryum.com/forum/> (06.09.2021)
- URL-40.** <http://www.webcitation.org/queryamesinunsyiah.wordpress.com> (03.09.2021)

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Burak Ender

ÖĞRENİM DURUMU :

- **Lisans** : 2019, Haliç Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2021, Haliç Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

2019 Şubat - Haziran tarihlerinde Eva Tasarım şirketinde mimar olarak görev almıştır. 2019 Temmuz - aktif olarak devam etmekte Vivense Teknoloji Hizmetleri şirketinde Store Designer olarak meslek hayatına devam etmektedir.